BIOTECHNOLOGIE:

un Plan de Développement pour le Canada

Rapport du Groupe de travail sur la biotechnologie présenté au Ministre d'État chargé des Sciences et de la Technologie

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1981

N° de cat. ST 31-9/1981F

ISBN 0-662-91133-4

Ottawa, le 18 février 1981

L'honorable John Roberts
Ministre d'Etat chargé des
Sciences et de la Technologie
Ottawa, Ontario.

Monsieur le Ministre,
J'ai l'honneur de vous présenter le rapport du Groupe de travail auquel vous avez confié, en juin 1980, le mandat d'examiner les possibilités offertes au Canada dans le domaine de la biotechnologie.

Veuillez agréer, monsieur le Ministre, l'expression de mes sentiments distingués.

Le Président du Groupe de travail,

Maurice Brossard

Maurice Brossard

AVANT-PROPOS

L'honorable John Roberts, ministre d'Etat chargé des Sciences et de la Technologie, annonçait le 10 juin 1980, la mise sur pied d'un Groupe de travail sur la biotechnologie, et faisait la déclaration suivante: "la biotechnologie est appelée à prendre une expansion très importante, et il est essentiel que le Canada profite au maximum des possibilités qu'elle offre".

Le mandat du Groupe de travail était le suivant:

i) conseiller le Ministre sur la possibilité et la pertinence d'instituer des politiques et des programmes particuliers qui permettraient au Canada de profiter au maximum du potentiel offert par la biotechnologie;

ii) désigner les domaines de recherche et développement (R+D) en biotechnologie qui conviendraient le mieux au Canada, compte tenu de sa structure économique et sociale;

iii) examiner des moyens possibles d'encourager et de promouvoir la recherche et le développement nécessaires et s'assurer que les résultats de ces activités serviront à l'atteinte des objectifs poursuivis en matière de développement économique et social;

iv) consulter, au besoin, les responsables de l'industrie, des universités et des gouvernements; et

v) faire des recommandations au Ministre, en y incluant un plan d'action visant à garantir que le Canada puisse profiter pleinement des progrès réalisés en biotechnologie, tout en tenant compte des rôles respectifs mais complémentaires du gouvernement, de l'industrie et de l'université.

Le Groupe de travail était composé des personnes suivantes:

M. Maurice Brossard (Président)	Directeur de l'Exploitation Institut Armand-Frappier Laval (Québec)
M. Robert Bender	Président BIO LOGICALS Toronto (Ontario)
M. David Clayton	Directeur de la recherche Institut canadien de recherches sur les pâtes et Papiers Pointe Claire (Québec)

M. Henry Friesen	Professeur Département de physiologie Université du Manitoba Winnipeg (Manitoba)
M. George Khachatourians	Professeur Département de microbiologie Université de la Saskatchewan Saskatoon (Saskatchewan)
M. Donald Layne	Vice-président Connaught Laboratories Ltd Toronto (Ontario
M. Bertrand Shelton	Directeur de la recherche et du développement John Labatt Limited London (Ontario)
M. Claude Vézina	Directeur de microbiologie Laboratoires de Recherche Ayerst Montréal (Québec)
M. Bohumil Volesky	Professeur Département de génie chimique Université McGill Montréal (Québec)
M. Lewis Slotin (Secrétaire)	Conseiller en Politiques Ministère d'État chargé des Sciences et de la Technologie Ottawa (Ontario)

L'une des préoccupations constantes du Groupe de travail a été de prendre en considération le fait bien connu que l'innovation et le développement industriel sont mis en marche et influencés davantage par une demande pour l'amélioration d'un produit ou l'élaboration d'un produit nouveau ("market pull") que par les investissements dans la recherche fondamentale ("technology push"). Cependant, l'absence presque totale de bio-industries au Canada servant à répondre aux besoins du marché, nous a obligés à privilégier, à tout le moins à court terme, une approche favorisant les investissements en recherche fondamentale, pour permettre d'amorcer le développement de la biotechnologie au Canada.

La biotechnologie n'est qu'un des nombreux domaines de technologie de pointe (microélectronique, robotique, etc.) qui suscitent actuellement beaucoup d'intérêt de la part de l'industrie,

à travers le monde. Le Groupe de travail n'a pas jugé qu'il était de son mandat d'évaluer l'importance et la priorité de la biotechnologie en fonction de ces autres domaines de technologie de pointe.

Plusieurs individus, groupes, sociétés et institutions ont largement contribué, par leurs recommandations, aux travaux du Groupe de travail. De plus, les nombreuses conférences, ateliers et séminaires qui ont eu lieu pendant la durée du mandat du Groupe de travail, ont permis une collaboration étroite, tant à l'échelle nationale qu'internationale, avec les spécialistes oeuvrant dans le domaine de la biotechnologie.

TABLE DES MATIERES

RESUME ET RECOMMANDATIONS 2

1. **INTRODUCTION** 9

2. **LA BIOTECHNOLOGIE AU CANADA: UNE VUE D'ENSEMBLE** 15

3. **LES OCCASIONS A SAISIR ET LES PRIORITES** 17

A. LA BASE SCIENTIFIQUE PLURIDISCIPLINAIRE 18

B. LES TECHNIQUES 20

Le génie génétique 20
Les enzymes et les systèmes enzymatiques 21
Les techniques de fusion cellulaire 22
La culture des cellules végétales 23
Ingénierie des procédés et des systèmes 23

C. DOMAINES D'APPLICATION 24

Fixation de l'azote 24
Utilisation de la cellulose 25
Soins médicaux 26
Traitement et utilisation des déchets 26
Lixiviation des minéraux 27

D. PRODUITS 28

Nouvelles lignées végétales 28
Produits chimiques 29
Biopesticides 29
Produits pharmaceutiques 30
Combustibles liquides et gazeux 31
Protéine monocellulaire. 31

4. **LA BIOTECHNOLOGIE: UN PLAN DE DEVELOPPEMENT POUR LE CANADA** 33

L'objectif du Plan 34
Les éléments du Plan 34

RECOMMANDATIONS 39

5 **CONCLUSION** 47

ANNEXE: Liste des personnes qui ont collaboré aux travaux du Groupe de travail sur la biotechnologie 51

ABREVIATIONS 57

RESUME ET RECOMMANDATIONS

RÉSUMÉ ET RECOMMANDATIONS

L'avenir de la croissance industrielle au Canada est relié presqu'exclusivement aux stratégies qui seront utilisées pour accroître le développement économique. Une des stratégies qu'il faudrait retenir, au niveau national, doit prendre en considération le développement d'industries à technologie de pointe. Ces industries ont un taux de croissance, de productivité et d'emploi élevé, tout en offrant, au niveau international, la possibilité de développer de nouveaux marchés ou de réorienter les marchés existants. Un nouveau domaine de la technologie de pointe qui semble très prometteur pour le Canada est celui de la biotechnologie.

La biotechnologie constitue un domaine de la technologie de pointe axé sur les caractéristiques uniques de la biologie de la cellule et de ses constituants, comme par exemple les cellules microbiennes, végétales et animales, ainsi que les enzymes. Elle pourra permettre l'établissement de nouvelles industries et fournira un essor nouveau aux industries existantes par l'emploi de procédés qui nécessiteront beaucoup moins d'énergie que ceux actuellement en place. Ces procédés peuvent utiliser, comme matières premières, des ressources renouvelables qui peuvent être beaucoup moins dommageables pour l'environnement. Les possibilités offertes par la biotechnologie font actuellement l'objet, à travers le monde, de nombreux projets de recherche et de développement industriel.

La biotechnologie et les techniques qui en découlent représentent un progrès spectaculaire dans le développement des procédés modernes de fermentation. Elles ont évolué, et continueront de le faire grâce aux travaux de recherche scientifique ayant une approche pluridisciplinaire. L'évolution progressive de la biotechnologie repose obligatoirement sur une base scientifique pluridisciplinaire solide, et notamment sur la capacité d'adapter les processus biologiques à des besoins particuliers. L'affaiblissement progressif de la recherche scientifique dans les universités canadiennes et les laboratoires de recherches gouvernementaux, au cours de la dernière décennie, a eu pour effet de diminuer la capacité du Canada de relever le défi offert par la biotechnologie. La consolidation et l'affermissement de cette structure de recherche constitue une priorité essentielle pour l'avenir de la biotechnologie au Canada.

Il existe actuellement cinq techniques importantes qui ont grandement contribué à l'élargissement de la technologie de la fermentation, et qui constituent le domaine de la biotechnologie. Ces techniques sont les suivantes: (1) le génie génétique, (2) l'utilisation des enzymes et des systèmes d'enzymes, (3) la technique de fusion cellulaire, (4) la culture des cellules végétales et (5) l'ingénierie des procédés et des systèmes. L'emploi de ces cinq techniques aura des répercussions importantes dans les

secteurs de l'alimentation, de l'agriculture, de l'exploitation forestière, de l'énergie, du traitement des déchets et de la lutte contre la pollution, de même que dans les secteurs des produits pharmaceutiques, des produits chimiques et de l'exploitation minière. Le Canada, dont l'économie dépend largement des industries primaires, doit immédiatement examiner les diverses possibilités qu'offre la biotechnologie. Si les industries primaires du Canada n'arrivent pas à innover par la voie de la biotechnologie, leur position concurrentielle sur les marchés internationaux en sera compromise.

L'application de la biotechnologie à la fixation de l'azote, à l'utilisation de la cellulose, à la création de nouvelles lignées végétales, au traitement des déchets et à la lixiviation des minéraux constitue une priorité importante pour le développement industriel au Canada. De plus, il est nécessaire de produire des médicaments dont on a un urgent besoin, afin de satisfaire à la stratégie canadienne de développement social et économique dans le secteur de la santé. Si le Canada ne s'engage pas lui-même et d'un façon énergique dans l'utilisation et l'application de la biotechnologie pour l'exploitation et la mise en valeur de ses richesses naturelles, il est peu probable que les progrès réalisés à l'extérieur du pays, dans les domaines mentionnés, puissent être utilisés et puissent s'adapter au milieu canadien. Toute indifférence à l'endroit de l'application de la biotechnologie pour la transformation de nos richesses naturelles ou pour la fabrication de médicaments essentiels, aurait pour résultats de faire perdre au Canada une occasion unique d'exploiter ses ressources naturelles tout en développant un réseau important de bio-industries de pointe.

Les efforts actuels déployés au Canada, en matière de biotechnologie, sont caractérisés par un éparpillement considérable des activités de recherche dans les laboratoires universitaires et gouvernementaux (fédéraux et provinciaux), de même que par l'absence d'industries importantes qui oeuvrent dans ce domaine. Par conséquent, un effort considérable s'impose en vue de stimuler la croissance d'un secteur industriel fondé sur la biotechnologie, tout comme il faudrait travailler davantage afin de s'assurer que, les initiatives de recherche canadienne, dans ce domaine, soient concentrées dans les secteurs qui auront été définis.

Nous proposons, pour le Canada, un Plan National de Développement à long terme de la biotechnologie qui vise à développer une bio-industrie de pointe et à mettre sur pied l'infrastructure scientifique et technologique nécessaire pour atteindre cet objectif. Ce Plan comporte huit éléments, qui sont à la base des recommandations suivantes.

1. Engagement

Un engagement à long terme de la part de tous les secteurs est absolument essentiel pour pouvoir vraiment profiter du potentiel offert par la biotechnologie. On recommande que le gouvernement fédéral établisse un programme national de développement de la biotechnologie échelonné sur une période de dix ans. On recommande que $33 millions y soient consacrés pendant la première année, et que par la suite les dépenses annuelles atteignent en moyenne $50 millions jusqu'à la fin du programme. Ces dépenses ont pour objectif de stimuler et d'encourager l'industrie et les gouvernements provinciaux à investir d'une manière substantielle dans la biotechnologie.

2. Mesures de stimulation pour l'industrie

Afin de créer un climat propice à la croissance industrielle en biotechnologie, on recommande que l'allocation d'impôt supplémentaire équivalente à 50 p. 100 de toutes les dépenses de la R+D excédant les dépenses moyennes des trois dernières années précédentes et les autres allègements fiscaux soient remplacés par un crédit d'impôt de 150 p. 100 pour toutes dépenses engagées en R+D industrielle. On recommande, de plus, d'accorder à ceux qui investissent dans les bio-industries un crédit d'impôt de 100 p. 100 à l'égard des investissements en R+D, qui serait imposable aux revenus de toute provenance, ainsi qu'une allocation supplémentaire de 66 2/3 p. 100 semblable à celle qui était accordée aux investissements d'exploration frontalière pour le pétrole et le gaz naturel.

Les programmes d'achat du gouvernement peuvent constituer un moyen efficace de promouvoir la croissance industrielle. On recommande donc que le Comité consultatif sur la R+D en biotechnologie (voir organisation p.8) joue un rôle de conseiller auprès du gouvernement en lui faisant part de ses commentaires au sujet des politiques d'achat qui seront élaborées en vue de promouvoir le développement d'une bio-industrie canadienne.

Afin d'encourager les petites et moyennes entreprises à vocation bio-industrielle, on recommande une aide gouvernementale directe, sous forme d'une somme additionnelle de $6 millions à octroyer en 1981-1982 dans le cadre du Programme d'expansion des entreprises, administré par le ministère de l'Industrie et du Commerce.

Afin de promouvoir un transfert efficace des connaissances acquises en biotechnologie et de favoriser leur diffusion des laboratoires gouvernementaux vers le secteur privé, on recommande également que $5 millions soient ajoutés au budget des programmes des projets Industrie-Laboratoire (PPIL) et de coopération avec l'industrie (COPI) du Conseil National de Recherches (CNR) et ceci pour 1981-82. En vue de favoriser les

transferts de connaissance et de technologie de l'université vers l'industrie, on préconise, en outre, que $0.7 million de plus soit octroyé au programme des projets de recherche avec applications industrielles (PRAI) du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) pour 1981-82.

La communication efficace entre tous les secteurs impliqués constitue un autre aspect important du transfert de technologie. On recommande que 0,3 million soit ajouté au budget des conférences du CRSNG, du Conseil de recherches médicales (CRM) et du Conseil national de recherches (CNR) respectivement, afin d'accroître les échanges d'informations scientifiques dans le domaine de la biotechnologie.

Enfin, en vue de fournir un appui financier au niveau des salaires du personnel de recherche travaillant dans des bio-industries ou dans le cadre de programmes industriels pertinents au développement de la bio-industrie, on recommande, que le budget total du programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) et mini-PARI du CNR soit augmenté de $3,0 millions pour 1981-1982.

3. Base scientifique pluridisciplinaire

Afin d'avoir en main les connaissances scientifiques fondamentales nécessaires à la mise au point des techniques de biotechnologie,on recommande que les budgets de fonctionnement du CRSNG et du CRM pour 1981-1982 soient augmentés de $4,7 millions et de $2 millions respectivement. Ces fonds devront servir à promouvoir les initiatives pluridisciplinaires orientées vers les besoins de la biotechnologie industrielle.

La Division des sciences biologiques et le Laboratoire régional des Prairies du CNR constituent tous les deux une excellente source de connaissances actuelles et futures en biotechnologie, grâce à une approche scientifique pluridisciplinaire. On recommande que huit années-personnes et $1,5 million soient ajoutés au budget de la Division des sciences biologiques, et que six années-personnes et $0,8 million soient ajoutés à celui du Laboratoire régional des Prairies pour 1981-1982 afin de poursuivre des travaux dans ce domaine.

4. Main-d'oeuvre

L'évolution de la biotechnologie au Canada sera largement compromise si nous ne disposons pas d'une main-d'oeuvre possédant une formation appropriée pour répondre à la demande croissante et actuelle de tous les secteurs. Afin d'encourager la formation pluridisciplinaire de la main-d'oeuvre requise au développement de la biotechnologie, on recommande que des sommes supplémentaires de $3 millions et de $1,4 million soient consacrées aux programmes d'études supérieures et post-

universitaires du CRSNG et du CRM pour 1981-1982. En plus de ces programmes traditionnels, ces conseils devraient étudier la possibilité d'encourager des programmes d'études supérieures qui mettent à profit les ressources humaines et physiques des établissements de recherche gouvernementaux et industriels. Ces conseils devraient aussi encourager et supporter la formation post-universitaire industrielle effectuée à l'extérieur du Canada. On recommande en outre que dans l'établissement de ses priorités en main-d'oeuvre, le ministre de l'Immigration étudie très sérieusement le problème causé par la pénurie actuelle de main-d'oeuvre spécialisée en biotechnologie, d'autant plus que cette dernière est très en demande partout dans le monde. Enfin, on encourage les universités, les collèges d'enseignement technique et professionnel et les gouvernements provinciaux à collaborer immédiatement à l'élaboration de nouveaux programmes d'études qui correspondent mieux à la nature pluridisciplinaire et industrielle, ainsi qu'aux multiples aspects de la biotechnologie.

5. Orientations

Plusieurs domaines d'application de la biotechnologie sont considérés comme étant essentiels au développement économique et au bien-être social futur du Canada. On recommande que les programmes actuels de recherches sur la fixation de l'azote, menés au Laboratoire régional des Prairies du CNR et par Agriculture Canada dans deux centres situés respectivement à Saskatoon et à Ottawa, soient unifiés, et que cinq années-personnes et 1,0 million de dollars supplémentaires soient accordés à chacun de ces établissements en 1981-1982. Il faut que la recherche sur la fixation de l'azote dans le contexte des ressources forestières puisse donner rapidement des résultats, on recommande donc que le Service canadien des forêts, du ministère de l'Environnement, élabore un plan visant à concentrer les ressources dans ce domaine et que ce plan soit présenté au Groupe consultatif sur la recherche et le développement en biotechnologie (voir ci-dessous).

Pour ce qui est de l'utilisation de la cellulose et du traitement des déchets, on recommande que le ministère de l'Environnement et le CNR entreprennent conjointement deux études distinctes sur les possibilités d'intégrer l'ensemble de leurs activités et de les intensifier en vue de promouvoir autant que possible le développement industriel dans ces deux domaines. La participation de l'industrie dans la préparation de ces études est considérée comme indispensable. De plus, Environnement Canada devrait examiner les mesures à prendre en vue de développer davantage le Forest Pest Management Institute de Sault Ste-Marie afin que ce dernier se consacre encore davantage à la préservation de la biomasse.

En ce qui concerne la création de nouvelles lignées végétales, on recommande que dix années-personnes et $1,0 million supplémentaire soient ajoutés en 1981-1982, au budget

d'Agriculture Canada afin de permettre à ce ministère d'accroître ses activités de recherche et de développement dans ce domaine en ayant recours à la biotechnologie.

Quant à la lixiviation des minéraux, on recommande que $1,0 million supplémentaire soit mis à la disposition du ministère de l'Energie, des Mines et Ressources en 1981-1982 afin de promouvoir l'accroissement des compétences canadiennes dans ce domaine.

6. Réglementations

L'article 41 de la Loi canadienne sur les brevets a eu un effet néfaste sur la croissance de l'industrie des produits pharmaceutiques au Canada. On recommande que cet article soit abrogé, et que l'ensemble de cette Loi sur les brevets soit révisé afin que le Canada, à cause de cette Loi, ne soit pas désavantagé face aux autres pays industrialisés qui oeuvrent dans ce domaine. Une telle situation pourrait en effet conduire à une réduction des investissements industriels en recherche et développement.

Le Bill C-32 sur la protection des obtentions végétales pourrait constituer un stimulant important en ce qui concerne l'expansion du secteur de la sélection des plantes au Canada. La biotechnologie pouvant fortement influencer la production de nouvelles lignées de plantes et ce secteur devant constituer une priorité pour le Canada, ce Bill devrait faire l'objet d'une attention spéciale. Ainsi, on devrait s'assurer que les dispositions concernant l'octroi obligatoire de licences n'aillent pas à l'encontre de l'esprit et de l'objectif recherché par cette mesure législative.

On recommande afin que le CRM continue de surveiller l'application des directives concernant la manipulation de molécules d'acide désoxyribonucléique (ADN) produites par recombinaison et de cellules et de virus animaux, tout en continuant d'apporter des modifications approfondies à ces directives au fur et à mesure que progressent les connaissances. On recommande également que le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social mette sur pied un système volontaire d'application de ces directives par l'industrie.

7. Collaboration à l'échelle internationale

Afin de s'assurer que les scientifiques canadiens puissent contribuer aux efforts internationaux en biotechnologie et en tirer profit, on recommande que le CRSNG, le CNR et le CRM utilisent les programmes actuels pour promouvoir ces activités. On encourage également les scientifiques des laboratoires gouvernementaux à participer à ces activités de collaboration.

8. Organisation

Le Plan National de Développement de la Biotechnologie nécessitera la création d'un groupe de gestion qui se chargera de son exécution et de son évaluation au fur et à mesure qu'il prendra forme. On recommande donc qu'un comité sur la recherche et le développement en biotechnologie soit formé afin de surveiller l'affectation des ressources du Plan, de suivre les progrès réalisés dans ce domaine en pleine évolution et de fournir des conseils en matière de biotechnologie à tous les secteurs concernés. On recommande en outre que le secteur industriel y soit fortement représenté. De plus, il faudra encourager les provinces à participer aux discussions et aux activités du comité.

1. INTRODUCTION

1. INTRODUCTION

Au cours des années 60, la prospérité et la croissance de plusieurs pays industrialisés, dont le Canada, ont été imputables, non pas tellement aux innovations, aux technologies nouvelles, aux initiatives en matière d'exportation ou à l'esprit d'entrepreneurship, mais plutôt à une augmentation rapide de la main-d'oeuvre et à l'existence de richesses naturelles considérées alors comme inépuisables. Durant cette même période, d'autres pays ont axé leurs efforts de développement sur les industries de pointe. Aussi, le Canada se retrouve-t-il actuellement avec une capacité d'innovation technologique réduite, par rapport à celle de ses concurrents internationaux.

La part du Canada dans le contexte des exportations mondiales est tombée de 5,4 p. 100 en 1970 à moins de 3.0 p. 100 en 1978. Au cours de la même période, la part des importations sur le marché intérieur a augmenté de 26 à 38 p. 100. Depuis 1970, le Canada accuse des déficits de plus en plus importants dans dix-huit des dix-neufs groupes d'industries de pointe étudiés par la Section de l'analyse des données sur le commerce de Statistique Canada[1].

De nombreuses preuves indiquent que le maintien de la croissance, dans le contexte d'une économie de plus en plus dominée par l'industrie, dépendra à l'avenir de la capacité d'un pays à développer des industries de pointe.[2] Les industries de pointe ont des taux plus élevés d'investissement en R+D, des rythmes de croissance trois fois plus élevés, une productivité double, des taux d'emploi largement supérieurs et une augmentation de prix inférieure à celle des autres industries.[3]

Dans un monde caractérisé par une diminution des ressources énergétiques, une augmentation des coûts au niveau des soins médicaux, une plus grande dépendance vis-à-vis le pétrole, des déséquilibres dans les stocks alimentaires et la pollution du milieu, un domaine de technologie de pointe a fait son apparition et permettra de remédier en grande partie à certains de ces maux. Il s'agit de la biotechnologie.

On entend par biotechnologie l'utilisation d'un processus biologique qui se déroule soit à l'intérieur des organismes microbiens, soit au sein des cellules végétales ou animales ou leurs éléments constituants, en vue de produire des biens et des services.

(1) *Les perspectives incertaines de l'industrie canadienne de fabrication,* 1971-1977. Conseil des Sciences du Canada, Octobre 1977

(2) On entend, dans le présent rapport, par industries de pointe celles qui dépendent de leur aptitute à innover pour améliorer leurs produits ou leurs procédés, et ainsi conserver les avantages qu'elles détiennent par rapport à leurs concurrents. Cette aptitude à innover dépend en grande partie de l'importance des investissements en recherche et développement.

(3) *Le rendement des industries manufacturières du Canada selon le niveau de* Document explicatif du MEST n° 4, Juillet 1978

L'homme a, pendant des siècles, fait usage de processus biologiques, par l'emploi des techniques de fermentation, pour la production de boissons alcooliques, la préparation de nouveaux aliments et la détoxication des déchets d'origine humaine et animale. Les progrès réalisés dans le domaine de la fermentation, au début du vingtième siècle, ont rendu possible la préparation de certains vaccins utiles et ont également donné naissance à plusieurs procédés industriels pour la fabrication d'acides et de solvants organiques. Une période d'évolution rapide de la microbiologie a suivi, et le point culminant en a été la production, par fermentation, d'une grande variété de produits comprenant, entre autres, des antibiotiques, des acides aminés, des vitamines, des gommes et des stéroïdes.

Les progrès majeurs réalisés au cours des dernières années en biologie cellulaire, en biologie moléculaire, en biochimie, en génétique microbienne et en génie biochimique ont élargi le champ d'application des processus biologiques, et ont, de ce fait, augmenté les possibilités d'utilisation de la fermentation elle-même. C'est ce champ d'application élargi de la fermentation que l'on désigne aujourd'hui sous le nom de biotechnologie.

Bien que les scientifiques canadiens aient contribué et contribuent encore à l'avancement des connaissances en vue d'en arriver à une compréhension fondamentale des mécanismes de la fermentation, l'industrie canadienne n'a manifesté jusqu'à maintenant que peu d'intérêt pour l'exploitation commerciale des possibilités offertes par la biotechnologie.

On procède actuellement, et ce, dans le monde entier, au développement et à l'application de la biotechnologie dans plusieurs domaines. En voici quelques exemples: la production de combustibles à partir de ressources renouvelables, la récupération de matières premières, l'utilisation de nouvelles méthodes de fertilisation des cultures, la sélection des plantes, le traitement des déchets et la lutte contre la pollution, la mise au point de médicaments, la production de nouveaux aliments pour les animaux, la création de nouvelles sources de produits pétrochimiques et la mise au point de méthodes de lutte hautement sélectives contre les agents pathogènes.

L'intérêt actuel qu'on manifeste, à l'égard de la biotechnologie est surtout d'ordre économique. En offrant des procédés qui nécessitent un besoin énergétique sensiblement inférieur à celui des procédés conventionnnels, la biotechnologie est susceptible d'offrir de nouvelles possibilités aux industries existantes qui sont très préoccupées par des coûts énergétiques croissants. En outre, plusieurs des procédés de la biotechnologie offrent de nouvelles voies à suivre pour la production de biens déjà existants mais qui sont fabriqués à partir de ressources non renouvelables. Ces nouveaux procédés biotechnologiques pourraient, grâce à l'exploitation de ressources renouvelables, réduire d'un manière

importante l'inflation actuelle qui touche la production de biens et de services obtenus actuellement à partir de ressources non renouvelables.

Une autre caractéristique qui rend la biotechnologie attrayante est le fait que les procédés qui en découlent occasionnent généralement moins de pollution que ceux qu'ils remplacent. De plus, l'application de la biotechnologie au traitement des déchets peut non seulement représenter un avantage marqué en ce qui concerne la protection du milieu, mais elle peut aussi, en même temps, donner lieu à la production de nouveaux aliments pour les animaux et d'engrais non nuisibles pour l'environnement.

De nombreux pays à travers le monde ont pris conscience de l'importance de la biotechnologie dans le cadre de leur avenir industriel et ont établi des stratégies à long terme pour leur permettre de bénéficier des avantages éventuels que leur offre cette technologie. L'Allemagne de l'Ouest par exemple, a contribué $28 millions à la R+D en biotechnologie, en 1980 qui constitue la première année d'un plan quinquennal d'investissement, et ce après avoir déjà investi $100 millions dans ce secteur depuis 1972. En France, la biotechnologie est l'un des cinq domaines clés[4] identifiés dans le cadre d'un plan quinquennal de développement technologique, et quelque $28 milliards y seront consacrés par le gouvernement et les industries. On s'attend à ce que l'appui accordé à la R+D en biotechnologie, par le gouvernement du Royaume-Uni, atteigne $35 millions par an d'ici 1985, sans compter un investissement annuel de $6 millions dans une société commerciale parrainée conjointement par le gouvernement et l'industrie. Au Japon où l'apport de la bio-industrie déjà en place représente presque 5 p. 100 du PNB, le gouvernement consacrera en 1980, quelque $23 millions à la R+D dans ce domaine.

Les investissements actuels en biotechnologie, de la part de l'industrie et des gouvernements constituent une démonstration universellement reconnue du fait que ce secteur de pointe sera à l'origine de changements industriels très importants d'ici la prochaine décennie. Si le Canada désire participer à cette évolution et à ces changements, les entreprises, les gouvernements et les universités se doivent de prendre, dès à présent, des mesures énergiques pour atteindre cet objectif.

---

(4) Le Plan quinquennal francais identifie les cinq domaines de technologie de pointe suivants: La biotechnologie, l'electronique, l'exploration minière océanologique, l'aéronautique et le design mécanique.

La biotechnologie offre de très grandes possibilités aux industries actuelles et futures. Le Canada, dont l'économie est intimement liée à l'exploitation de ses ressources naturelles, soit l'énergie, les mines, l'agro-alimentaire et les forêts, pourrait profiter avantageusement des applications appropriées de la biotechnologie dans ces domaines. Ne serait-ce qu'en raison de la nécessité de maintenir et d'accroître leur position concurrentielle sur le marché international,les industries primaires canadiennes, doivent dès maintenant explorer les diverses possibilités que leur offre la biotechnologie.

2. LA BIOTECHNOLOGIE AU CANADA: UNE VUE D'ENSEMBLE

2. LA BIOTECHNOLOGIE AU CANADA: UNE VUE D'ENSEMBLE

Les activités actuelles du Canada en matière de biotechnologie sont en grande partie caractérisées par la quasi-absence d'une infrastructure biotechnologique industrielle, une diminution rapide du potentiel de recherche des laboratoires fédéraux et un effort très fragmenté et sans orientation précise au niveau universitaire. Bien que le Document explicatif du MEST n° 11, intitulé *La Biotechnologie au Canada* (juin 1980) fasse mention de nombreux individus et sociétés qui oeuvrent dans le domaine de la biotechnologie, l'ampleur des travaux en cours est extrêmement limitée, si l'on considère l'étendue énorme du domaine et les exigences en matière de R+D que cela entraîne.

L'absence presque totale d'une bio-industrie importante et le manque d'orientations bien définies de la recherche en biotechnologie effectuée au Canada, ont constitué la toile de fond de l'étude effectuée par le Groupe de travail, sur les diverses possibilités offertes par la biotechnologie et les orientations que pourrait prendre le Canada dans ce domaine.

3. LES OCCASIONS A SAISIR ET LES PRIORITES

3. LES OCCASIONS A SAISIR ET LES PRIORITES

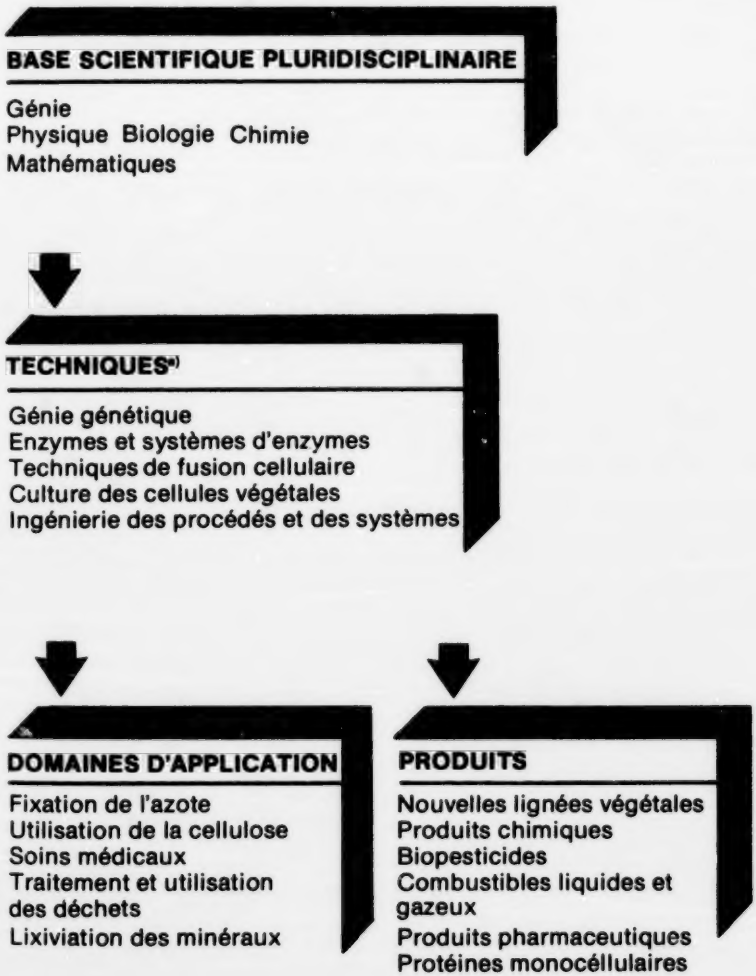
L'utilisation de la biotechnologie pour la production de biens et de services est le résultat des progrès réalisés, en biologie, chimie, physique, mathématique et génie grâce à une approche pluridisciplinaire. C'est à partir de cette base scientifique pluridisciplinaire que les techniques nécessaires pour la fabrication des différents produits de cette nouvelle bio-industrie ont été et continueront d'être développées. Ces produits proviennent de domaines d'application qui présentent un intérêt éventuel pour le Canada. Il est donc indispensable que la base scientifique pluridisciplinaire et que la composante technologique qui en découle soient solidement développées afin de constituer un noyau solide sur lequel s'édifieront la croissance industrielle et les retombées bénéfiques qu'elle comporte. Ce cheminement suivi par le développement biotechnologique à partir de la base scientifique pluridisciplinaire jusqu'aux procédés d'application et éventuellement à la fabrication de produits, est illustré à la figure 1.

A. LA BASE SCIENTIFIQUE PLURIDISCIPLINAIRE

L'approche pluridisciplinaire appliquée à l'évolution des connaissances scientifiques est un pré-requis essentiel si l'on veut bénéficier des nombreuses possibilités offertes par la biotechnologie. Le génie chimique et biochimique, la microbiologie, la génétique appliquée, la biologie moléculaire, la biochimie, la toxicologie, la biostatistique, la chimie des produits forestiers et alimentaires, la physiologie et la parasitologie comptent parmi les disciplines, sous-disciplines et domaines de spécialisation qui doivent être encouragés et intégrés afin de pouvoir tirer parti de ces possibilités. Cependant si, cette infrastructure scientifique pluridisciplinaire demeure faible et sans orientation, il en résultera non seulement une diminution au niveau des activités de mise en valeur de la biotechnologie, mais également un affaiblissement quant à la capacité d'acquérir et d'adapter les techniques en provenance d'autres pays.

Au Canada, un climat économique peu propice à la recherche industrielle, la diminution depuis dix ans de l'appui financier accordé à la recherche dans les laboratoires universitaires et gouvernementaux et la trop grande dispersion des ressources humaines disponibles ont considérablement nui au développement d'une communauté scientifique orientée vers une approche pluridisciplinaire et industrielle qui pourrait relever immédiatement les défis de l'ère de la biotechnologie. Un autre aspect de cette situation est le fait que les chercheurs scientifiques qui ont été formés pendant cette période ne possèdent pas nécessairement les compétences requises à l'exploitation de la biotechnologie. L'établissement et le

FIGURE 1
Evolution de la Biotechnologie



a) Chacune des techniques mentionnées aura une incidence importante sur le développement futur du domaine de la fermentation et ce sera par l'intermédiaire de la fermentation que seront développés plusieurs des produits et des domaines d'application.

renforcement d'une infrastructure scientifique pluridisciplinaire sont donc des priorités importantes pour l'évolution de la biotechnologie au Canada.

B. LES TECHNIQUES

C'est à partir de la base scientifique pluridisciplinaire et de l'acquisition de nouvelles connaissances que se sont développées les techniques modernes qui sont à l'origine des industries de fermentation, et de l'infrastructure nécessaire à l'exploitation industrielle future des processus biologiques. Ces cinq techniques majeures sont les suivantes: (i) le génie génétique, (ii) l'utilisation des enzymes et des systèmes enzymatiques, (iii), la fusion cellulaire, (iv) la culture des cellules végétales, et (v) l'ingénierie des procédés et des systèmes.

Génie génétique[5]

Le génie génétique ou les techniques de manipulation de molécules d'ADN, produites par recombinaison, sont les termes que l'on utilise pour désigner un progrès récent en biologie moléculaire; il s'agit de la capacité que l'on a actuellement de prendre des fragments choisis d'ADN de cellules végétales, animales ou microbiennes, ou encore de fragments d'ADN provenant d'une synthèse chimique, et de joindre ces fragments à un autre morceau d'ADN pour ensuite transférer l'ADN ainsi reconstitué à un micro-organisme. L'utilisation de cette technique permet à un micro-organisme d'acquérir de nouvelles propriétés génétiques, et de ce fait, d'acquérir la capacité de produire une nouvelle substance ou de servir à une autre fin, ou encore de modifier un substrat particulier. Le champ d'application de cette technique est énorme. Il va de la fabrication de médicaments tels que l'insuline, l'interféron, l'hormone de croissance, etc. à l'obtention d'une plus grande diversité d'utilisation des levures pour la fabrication des alcools, à la transformation directe de la cellulose et de l'amidon en glucides fermentables et en d'autres produits chimiques intermédiaires, de même qu'à un élargissement des connaissances au sujet de la régulation cellulaire et de l'adaptabilité des micro-organismes. On accorde donc au génie génétique une grande priorité quant à son rôle dans le développement de la biotechnologie.

Au canada, les recherches en génie génétique ne sont effectuées que presque exclusivement dans les universités et au Conseil national de recherches. Bien que l'on compte plusieurs personnes compétentes, qui oeuvrent dans ce domaine de

(5) Bien que, dans ce rapport, le génie génétique soit considéré surtout comme étant une technique applicable chez les micro-organismes, il faut souligner que les futures applications de cette technique chez les organismes supérieurs, c'est-à-dire les plantes et les animaux, pourraient donner lieu à un meilleur contrôle de l'expression et de la régulation génétique chez ces formes de vie. Le traitement des maladies par une thérapie génétique et le transfert entre espèces de caractères héréditaires désirables sont des exemples des possibilités futures dans ce domaine.

recherches, au sein de plusieurs universités et instituts de recherche, les travaux sont très dispersés, de sorte qu'il n'existe aucun plan d'ensemble ni aucune action concertée dans le domaine. La somme des connaissances techniques en matière de génie génétique qui a été acquise au Conseil national de recherches du Canada, est considérable; cependant on est encore bien loin d'avoir atteint la "masse critique" nécessaire pour pouvoir satisfaire à des intérêts industriels relativement importants.

Les enzymes et les systèmes enzymatiques

L'utilisation des enzymes dans l'industrie, dans l'application des soins médicaux et dans la recherche, a sans cesse augmenté au cours des deux dernières décennies. Les enzymes provenant de sources naturelles ont traditionnellement été utilisées par les industries alimentaires et celles des détersifs. Aussi plusieurs de ces firmes situées au Japon, aux Etats-Unis, au Danemark et en Allemagne ont subséquemment élargi leurs activités de manière à englober la production même de ces enzymes de diverses provenances. L'absence d'une telle industrie au Canada nous incite à ne pas recommander d'implanter ici, une industrie enzymatique semblable, qui utiliserait des techniques de production conventionnelles. Cependant, l'identification récente de certains micro-organismes constituant des sources d'enzymes déjà utilisées couramment ou qui le seront à l'avenir, ajoute une nouvelle dimension à la question de l'approvisionnement en enzymes. Le génie génétique pourrait également favoriser d'une façon considérable la capacité des micro-organismes à produire des enzymes, et pourrait vraisemblablement donner lieu à la préparation d'enzymes faites "sur mesure" conformément à des exigences particulières.

Pour ce qui est de l'utilisation des enzymes, la possibilité de les immobiliser sur des supports s'avère très prometteuse dans le contexte des procédés industriels futurs. Cette adaptation de la technologie des enzymes, qui est actuellement limitée en partie par les stocks d'enzymes disponibles, permettra la mise au point de nouveaux procédés continus caractérisés par une stabilité accrue des enzymes et un plus grand contrôle de l'efficacité enzymatique. L'utilisation de bactéries, de levures, de champignons, de cellules végétales et animales en tant que systèmes comportant plusieurs enzymes immobilisées, offre de plus l'avantage de pouvoir effectuer des transformations complexes qui sont extrêmement coûteuses, longues et inefficaces lorsqu'on fait appel aux procédés chimiques conventionnels.

On peut donc réaliser la fabrication de produits nouveaux en plus des produits déjà existants, grâce à l'application de techniques enzymatiques. La plus grande possibilité en ce qui concerne l'utilisation des enzymes est peut-être liée à la croissance de la biotechnologie elle-même, puisque la transformation de ressources renouvelables en vue de la fermentation nécessitera

de nouvelles applications de la technologie des enzymes. Les enzymes et les systèmes enzymatiques représentent donc, dans un cadre entièrement nouveau par opposition au contexte conventionnel, une autre technique prioritaire pour l'avenir industriel canadien en matière de biotechnologie.

En plus de l'absence d'une industrie canadienne des enzymes, le savoir-faire canadien en enzymologie est centré principalement sur les aspects académiques du sujet. Peu d'efforts ont donc été déployés en vue d'appliquer les connaissances fondamentales acquises en enzymologie, aux procédés industriels. Dans les quelques cas où une orientation industrielle de la recherche en enzymologie a été développée, une recherche fondamentale correspondante n'a pas été développée simultanément. Si nous voulons développer une bio-industrie canadienne qui utilise avantageusement les systèmes enzymatiques, il devient essentiel que les activités de recherche fondamentale et appliquée soient développées de façon coordonnée.

Les techniques de fusion cellulaire

La possibilité de provoquer la fusion de deux cellules de n'importe quelle provenance en vue de produire un hybride, offre, en théorie, une multitide de possibilités dans les domaines de l'agriculture et des ressources forestières de même que pour la production de nouveaux produits thérapeutiques. Les progrès récents réalisés en recherche agricole et forestière ont démontré la possibilité de fusionner des cellules végétales, pour former des plantes hybrides. Cette technique pourrait éventuellement produire des plantes qui seraient capables de connaître une croissance plus rapide, de fixer l'azote atmosphérique, de mieux résister aux maladies et aux conditions climatiques, et de présenter dans l'ensemble des caractéristiques supérieures. L'utilisation de ces techniques sur une grande échelle pourrait révolutionner les travaux liés à la création de nouvelles lignées de plantes, qui caractérisent actuellement la recherche à long terme en agriculture et en foresterie.

La capacité que l'on possède actuellement de faire fusionner une cellule néoplasique avec n'importe quelle autre cellule, donnant ainsi naissance à un organisme biologique utile, a constitué un autre aspect des techniques de fusion cellulaire. La cellule hybride qui résulte de cette fusion possède la caractéristique d'une croissance illimitée. Cette application de la technique de fusion cellulaire (l'organisme qui en résulte étant parfois désigné sous le nom d'hybridome) offre une nouvelle voie pour la production de médicaments et de produits diagnostiques. Actuellement, les hybridomes sont exploités commercialement dans d'autres pays en vue de la production d'anticorps monoclonaux. Ces anticorps pourraient bientôt servir à fabriquer de nouveaux vaccins très purifiés, des réactifs diagnostics hautement spécifiques et des substances très efficaces pour la purification d'un grand nombre de produits.

Plusieurs chercheurs canadiens ont commencé à explorer les techniques de fusion cellulaire et travaillent entre autre dans le domaine des anticorps monoclonaux et à la création de nouvelles lignées végétales. Cependant, peu d'efforts ont été déployés en vue de coordonner ces activités et les tentatives d'exploiter commercialement ces techniques ont été peu nombreuses.

La dépendance économique du Canada vis-à-vis ses ressources agricoles et forestières ainsi que le besoin d'étendre son industrie des produits pharmaceutiques font ressortir la nécessité d'innover d'une façon continue dans ces domaines, afin d'être en mesure de maintenir une position concurrentielle. Les applications des techniques de fusion cellulaire constituent un des moyens envisagés pour s'attaquer à ces problèmes. Par conséquent, ce domaine constitue une priorité importante dans le contexte de l'évolution de la biotechnologie au Canada.

La culture des cellules végétales

Pendant des siècles, les plantes ont été une source importante de médicaments. Les changements climatiques, les difficultés d'approvisionnement et la disparition de certaines espèces ont cependant orienté la recherche vers d'autres moyens d'obtenir de ces substances. La technique qui consiste à cultiver les cellules végétales *in vitro* est considérée comme un bon moyen de produire les agents nécessaires à la fabrication de médicaments. Cette technique permet d'éviter de cultiver la plante entière pour obtenir les substances recherchées. De plus, la possibilité d'utiliser des cellules végétales comme agents de biotransformation, au même titre que les cellules microbiennes et les systèmes enzymatiques, est actuellement à l'étude.

Le Canada possède une compétence reconnue mondialement dans la technologie de la culture des cellules végétales, grâce aux travaux poursuivis au Laboratoire régional des Prairies du Conseil national de recherches du Canada. Toutefois si l'on n'effectue pas les efforts nécessaires en vue d'accroître les connaissances déjà acquises, l'avantage que nous détenons actuellement va se dissiper au fur et à mesure que d'autres pays développeront leurs propres capacités dans ce domaine.

Les difficultés de l'industrie pharmaceutique à rentabiliser la R+D effectuée au Canada (voir produits pharmaceutiques), de même que les applications actuelles de la technologie des cellules phytologiques pour la production de médicaments, soulèvent de nombreuses questions quant à l'avenir du Canada dans cet aspect particulier de la biotechnologie.

L'ingénierie des procédés et des systèmes

La nature même du fonctionnement biologique ou microbien, et des produits et techniques qui y sont reliés, nécessite l'élaboration, la régulation et le contrôle de nouveaux processus de bio-ingénierie. Tout cela impose des normes très spéciales aux ingénieurs et aux concepteurs d'appareillages,

d'équipements et d'accessoires. Le génie des procédés et des systèmes joue donc un rôle clé dans l'établissement, l'application et la commercialisation de la biotechnologie. Le génie des procédés et des systèmes est donc considéré, pour cette raison, comme un élément prioritaire des efforts du Canada en vue de développer la bio-industrie.

L'évolution future, en ingénierie des procédés et des systèmes sera orientée sans aucun doute vers les processus reliées à la cinétique, vers la conception de réacteurs de fermentation, vers le développement de nouveaux équipements de tests biologiques et physiques, ainsi que vers l'informatique et la conception d'appareils et d'instruments spécialisés. Il est évident qu'à mesure que la bio-industrie canadienne va progresser de nouvelles possibilités surgiront pour les industries connexes.

L'absence de connaissances spécialisées et structurées en génie des procédés et des systèmes reflète les lacunes actuelles dans l'exploitation, sur une grande échelle, de la biotechnologie au Canada. Si des efforts importants ne sont pas effectués en vue de parfaire les connaissances nécessaires dans cette spécialité du génie, les initiatives à long terme dans les autres aspects de la biotechnologie en viendront tôt ou tard aux prises avec des difficultés de taille quant au transfert technologique et à la commercialisation des résultats de la recherche.

C. Domaines d'application

Les techniques de génie génétique, des enzymes et des systèmes enzymatiques, de la fusion cellulaire, de la culture des cellules végétales, et de l'ingénierie des procédés et des systèmes, auront une incidence marquée sur de nombreux procédés industriels, actuels ou futurs. Au Canada cinq domaines principaux d'application en biotechnologie, pourraient apporter des avantages économiques importants, s'ils étaient développés avec vigueur. Ces domaines d'application sont: la fixation de l'azote, l'utilisation de la cellulose, l'utilisation et le traitement des déchets, les soins médicaux et la lixiviation des minéraux.

La fixation de l'azote

La conversion de l'azote atmosphérique en engrais végétal acceptable, par des procédés biologiques, constitue une question prioritaire pour le Canada, à cause de l'importance de l'azote comme élément intégral de la production agricole et forestière, en considération avec le coût toujours croissant des engrais azotés dérivés des hydrocarbures.

Il est un fait reconnu que les micro-organismes sont responsables, en grande partie, de la fixation de l'azote par les légumineuses et les aulnes. Actuellement des recherches sont entreprises à travers le monde dans plusieurs secteurs, afin de tirer partie de ce phénomène biologique et de l'adapter aux

plantes telles que les graminés (céréales, maïs) qui ne fixent pas l'azote. Les techniques de croisement des récoltes, le génie génétique et la manipulation génétique ne sont que quelques-unes des voies actuelles que poursuit la recherche.

Au Canada, le Laboratoire régional des Prairies du Conseil national de recherches et le ministère de l'Agriculture ont effectué des recherches sur la fixation de l'azote en rapport avec la production agricole. Ces efforts ont toutefois été retardés en raison du manque de personnel et de ressources disponibles, en particulier au Conseil national de recherches. Depuis quelques années le programme Energie forestière (ENFOR) d'Environnement Canada a subventionné des projets de recherches sur la fixation de l'azote dans le domaine de la foresterie. Si le Canada désire vraiment profiter de ce domaine de la biotechnologie, il faudra centraliser et intensifier les travaux déjà en cours.

La dépendance de l'économie canadienne à l'égard des secteurs forestier et agricole incite fortement à intensifier les efforts canadiens dans la recherche et le développement sur la fixation de l'azote, même si les bénéfices qu'on peut en tirer ne se matérialiseront guère avant une décennie ou davantage. Il faut donc accorder une grande priorité à ce domaine important de la biotechnologie.

Utilisation de la cellulose

Lorsqu'on songe à l'utilisation de la cellulose on constate que les ressources agricoles et forestières considérables du Canada constituent un potentiel énorme sur lequel il faudrait compter. La cellulose est une ressource renouvelable qui pourrait bien représenter pour le Canada, une source importante en hydrate de carbone. Des méthodes économiques de conversion des résidus et déchets cellulosiques en sucre pourraient donner naissance à un vaste éventail de substances, dont des produits chimiques, des solvants, des produits alimentaires et des combustibles.

Les applications de l'utilisation de la cellulose par la biotechnologie peuvent contribuer de façon marquée à l'accroissement de nos connaissances de base en gestion de ressources forestières et agricoles. Les procédés de pré-traitement de la cellulose, combinés à des procédés d'hydrolyse microbiens ou enzymatiques reçoivent actuellement beaucoup d'attention. Il en est de même des procédés thermomécaniques ou chimiques auxquels l'approche biologique doit faire concurrence. L'industrie forestière en particulier, qui a contribué près de $12 milliards en 1979 à la balance commerciale du Canada (plus que l'agriculture, les aliments, les boissons, le poisson, le charbon, les mines et les-produits chimiques combinés), est susceptible de perdre sa position concurrentielle favorable au niveau mondial, en raison de son taux très faible d'innovation. Cette situation est le résultat d'un niveau d'investissements relativement peu élevé en recherche. La

poursuite d'études sur l'utilisation de la cellulose par les procédés de biotechnologie pourrait constituer un des moyens de générer une utilisation plus efficace des ressources forestières, et de ce fait, permettrait d'accroître la diversité de cette industrie.

L'Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers, le Conseil national de recherches et plusieurs universités étudient activement les nouvelles applications de l'utilisation de la cellulose. Ce domaine est considéré comme prioritaire au Canada, en raison de la très grande incidence économique que pourrait exercer sur les secteurs agricole et forestier, l'utilisation de la cellulose.

Les soins médicaux

Les soins médicaux constituent un élément important dans le développement socio-économique d'un pays. La biotechnologie a exercé et continuera d'exercer une influence importante sur la qualité des soins qui sont offerts. Cette influence se fera sentir autant dans le développement de nouveaux médicaments pour contrôler les maladies que dans la mise au point de nouvelles stratégies pour la prévention des maladies. Il est important de noter que certains des premiers produits résultant des progrès récents en biotechnologie seront utilisés et commercialisés dans le domaine de la santé. Mentionnons à titre d'exemple l'insuline utilisée pour le traitement des diabétiques.

Au cours des années à venir, de grandes quantités d'hormones humaines, d'interféron, de protéines du sang humain, d'anticorps, de vaccins particuliers, et d'antigènes viraux (utilisés dans les vaccins), seront disponibles grâce à l'application de techniques comme le génie génétique et la fusion cellulaire. Quelle que soit l'importance de ces produits, ils ne constituent que la première génération d'applications futures de la biotechnologie dans le domaine des soins médicaux. Ainsi, avec l'accroissement des connaissances sur la régulation cellulaire et génétique, on sera en mesure de mieux comprendre les maladies héréditaires et le cancer et de mettre ainsi au point de nouvelles thérapies très spécifiques.

Pour que le Canada continue à dispenser des soins médicaux de grande qualité à ses citoyens, il devra conserver et développer un potentiel scientifique et industriel qui lui permettra de maintenir ses connaissances et de contribuer au progrès de la biotechnologie dans ce domaine.

Le traitement et l'utilisation des déchets

Les procédés biologiques de détoxication des effluents et de transformation des déchets en produits utiles, offrent des avantages marqués par rapport à d'autres méthodes utilisées.

Deux de ces avantages sont: i) la capacité d'adapter des procédés biologiques aux différentes variétés de déchets et aux conditions de dégradation et ii) la disponibilité d'un vaste éventail de

cultures microbiennes à action mixte qui peuvent décomposer de nombreuses substances. La biotechnologie est déjà reconnue comme un moyen de traiter les ordures ménagères et les déchets industriels qui constituent un volume important de substances naturelles. Les recherches en cours portent surtout sur l'amélioration de la rentabilité et de l'efficacité des méthodes de traitement actuelles. On travaille aussi à améliorer la rentabilité sur le plan économique, de la transformation des déchets des résidus forestiers et agricoles, en sous-produits utiles.

Les pressions exercées actuellement envers les industries déjà installées et les nouvelles industries afin qu'elles investissent encore davantage dans le traitement de leurs déchets et le contrôle de la pollution, pourraient stimuler de nouveaux développements dans ce domaine d'application de la biotechnologie. Toutefois, l'absence de coordination dans les efforts actuels de R+D dans ces domaines, de même que l'insuffisance de connaissances sur la dégradation de substances toxiques qui résistent présentement à la biotransformation, pourraient limiter sérieusement tout progrès futur au Canada.

Lixiviation des minéraux

Depuis des siècles, on a noté la présence d'un écoulement d'acides dans les mines de charbon, dans les mines de cuivre et dans les dépotoirs. L'agent responsable de ce phénomème n'a été découvert que tout récemment: il s'agit d'un micro-organisme, le *Thiobacillus ferrooxidans.* De nombreuses études ont permis d'établir que le *Thiobacillus ferrooxidans* peut, dans certaines conditions précises, agir sur la plupart des sulfures minéraux pour les rendre solubles. Cette application biotechnologique est actuellement exploitée à travers le monde et constitue une méthode rentable pour l'extraction du cuivre et de l'uranium. On pourrait aussi utiliser ce procédé dans l'extraction d'autres métaux, tels que le nickel et le zinc.

Jusqu'à maintenant la lixiviation microbienne des minéraux a surtout été utilisée dans le cas des rebuts miniers et particulièrement dans celui des minerais à faible teneur qui proviennent des résidus miniers. Cependant, la lixiviation de minerais concentrés fait actuellement l'objet d'études approfondies et pourrait s'avérer une alternative souhaitable aux procédés d'extraction traditionnels.

Alors que la métallurgie par voie ignée dépend largement des sources énergétiques, la lixiviation des déchets par le biais de la biotechnologie nécessite beaucoup moins d'approvisionnement en énergie. De plus, l'approche biotechnologique évite l'utilisation d'appareillages dispendieux pour contrôler la pollution. En conséquence, de nombreux chantiers miniers utlisent la lixiviation des déchets à faible teneur et de ce fait en retirent des avantages économiques notables du point de vue de l'exploitation globale de leurs mines.

Reconnu sur le plan international, le Conseil de recherche de la Colombie-Britannique est au premier rang dans le domaine de l'exploitation de la lixiviation microbienne à des fins scientifiques, techniques et industrielles. Bien que cette nouvelle technique suscite de plus en plus l'intérêt du monde industriel dans les autres pays, elle ne soulève que très peu d'intérêt au Canada. Si l'on veut consolider la base scientifique et technique du Canada dans ce domaine, il faudrait mettre en valeur les compétences déjà existantes et encourager l'industrie à concentrer plus d'efforts dans cette voie. Etant donné l'importance de l'industrie minière pour l'ensemble de l'économie du pays, et le fait que nous possédons des compétences dans la lixiviation des minéraux, nous considérons ce domaine de la biotechnologie comme prioritaire pour le Canada.

D. PRODUITS

Il est mondialement reconnu que, grâce aux techniques utilisées en biotechnologie, il sera possible de produire une gamme presque illimitée de produits. Quelques-uns de ces produits sont décrits ci-dessous. Toutefois, pour ce qui est des priorités qui doivent être retenues dans le choix des produits à développer, le Groupe de travail estime qu'il appartient à l'industrie à la suite d'études de marché, de décider du moment propice pour utiliser la biotechnologie. Dans le cas de certains produits cependant, et plus particulièrement pour ceux qui connaissent une longue période de développement expérimental, le gouvernement pourrait être amené à assurer un certain leadership.

Nouvelles lignées végétales

Au cours des prochaines décennies l'utilisation du génie génétique et des techniques de fusion cellulaire pour le développement de nouvelles lignées végétales aura une incidence importante sur l'agriculture et les forêts. Actuellement, on expérimente dans plusieurs endroits sur la possibilité de mettre au point des plantes qui peuvent fixer l'azote atmosphérique, qui peuvent résister davantage aux organismes nuisibles et au froid. et qui peuvent croître plus rapidement et posséder une plus grande valeur nutritive tout en étant capables de survivre à la sécheresse et à des conditions salines.

Il est donc important de créer de nouvelles lignées végétales au Canada, à l'aide de la biotechnologie. Il sera probablement difficile de transplanter les lignées végétales mises au point dans d'autres pays, dans un milieu différent de celui pour lequel elles ont été conçues. Si le Canada ne développe pas les compétences nécessaires dans ce domaine, il est peu probable que l'on soit en mesure d'élaborer de nouvelles lignées végétales en fonction de notre climat, de nos sols, des organismes nuisibles et des mauvaises herbes.

Produits chimiques
Il serait possible d'obtenir à partir de sources et de procédés biologiques, la majeure partie des produits chimiques de base qui sont requis par les pays industrialisés (y compris ceux qui sont actuellement extraits du pétrole). Les produits suivant en sont quelques exemples: les dérivés cellulosiques, les polysaccharides microbiens, les dérivés de la lignine, l'acide lévulinique, l'acide lactique et d'autres acides gras, l'éthanol, l'acétone, le butanol, les acides gras, les huiles végétales qui sont utilisées dans la fabrication des plastifiants, les lubrifiants et les caoutchoucs. Puisque le développement de ces produits chimiques est étroitement lié aux procédés de fabrication et d'obtention des matières premières de base, qu'elles soient actuelles ou futures, l'utilisation du génie génétique, des techniques enzymatiques et du génie des procédés, pourrait, dans un avenir prochain, avoir des répercussions sensationnelles pour ce qui est de la fabrication de ces produits.

Il serait possible d'obtenir plus facilement les produits chimiques utilisés à des fins particulières, comme dans la fabrication des additifs, des revêtements, des parfums, des monomères nécessaires à la fabrication de certains plastiques et dans les modifications apportées aux polymères, si on utilisait des procédés biologiques nouveaux plutôt que les procédés classiques. On pourrait également exploiter certaines possibilités à partir de plantes et de cellules végétales spécialement développées pour produire des substances chimiques simples. De plus, l'utilisation des techniques de culture de cellules végétales ou de fermentation permet de nourrir beaucoup d'espoir quant à l'évolution future de la chimie fine.

Actuellement, nos connaissances des réactions métaboliques, de la régulation et de la génétique des micro-organismes et des cellules, sont très incomplètes. Au Canada, les efforts de recherche dans ces secteurs de la biotechnologie demeurent minimes et ne reflètent pas l'importance des principales applications qui pourraient en découler.

Biopesticides
Au cours des dernières années, on a délaissé de plus en plus les moyens chimiques au profit des systèmes biologiques, pour lutter contre les insectes nuisibles. Cette tendance s'explique par: i) l'augmentation des coûts des insecticides à base de pétrole, ii) les effets néfastes des différents agents chimiques sur l'environnement et iii) le haut niveau de spécificité des agents biologiques, qui permet ainsi d'organiser une lutte plus efficace.

Il n'y a aucun doute que, dans l'avenir, l'utilisation de systèmes biologiques pathogènes pour lutter contre les insectes, va s'accroître. Les biopesticides qui servent à lutter contre les insectes sont des produits de valeur, qui ne sont pas vraiment

fonction du coût des matières premières. Cependant le coût de développement et d'essais de ces produits pourrait s'avérer très élevés.

Il existe peu de compétences scientifiques au Canada qui travaillent au développement d'insecticides biologiques. Signalons à titre d'exemple le Forest Pest Management Institute (d'Environnement Canada) à Sault-Sainte-Marie, où l'on effectue des recherches sur les agents susceptibles de détruire les insectes nuisibles aux forêts, tel le *Bacillus thuringiensis.*

Néanmoins, il faut encourager la recherche fondamentale dans le secteur de la physiologie des insectes et des systèmes biologiques de lutte entre micro-organismes, virus et insectes. De plus, il existe une pénurie de chercheurs spécialisés dans la physiologie des insectes. Ce type de recherche nécessite un financement à long terme, et pourrait avoir des retombées positives importantes quant au développement industriel canadien.

Produits pharmaceutiques
La fabrication de produits pharmaceutiques et biologiques nouveaux ou déjà existants sera considérablement influencée par l'avènement de la biotechnologie. Les progrès réalisés en génie génétique, en génétique microbienne et en fusion cellulaire ont déjà entraîné des changements radicaux dans ce domaine. Les nouveaux produits et procédés de fabrication permettront d'accroître la disponibilité de ces produits et de réduire leurs coûts.

Au Canada, l'industrie pharmaceutique est peu développée. Le niveau relativement peu élevé de R+D dans ce secteur est dû en particulier à l'impact négatif que la présente Loi sur les brevets a causé durant les dix dernières années. En 1969, des modifications ont été apportées à la Loi sur les brevets par l'adoption de la Loi C-102. Cette modification, par l'article 41, donne au commissaire des brevets le droit d'accorder des licences obligatoires pour l'importation et la fabrication de produits pharmaceutiques dont le procédé de fabrication était protégé par des brevets canadiens.

Même si l'objectif premier de l'article 41 était de favoriser la réduction du coût des médicaments pour le consommateur, cette réduction ne fut en fait que d'un dollar per capita au niveau du manufacturier. D'autre part le taux de royauté accordé pour l'obtention d'une licence obligatoire fut fixé de façon arbitraire et uniforme par le commissaire des brevets, à 4 p. 100 du prix de vente du produit, indépendamment du coût et de la nature de l'effort de recherche requis pour développer ce produit.

Selon nous, l'article 41 est l'une des causes principales de la diminution des investissements en R+D au Canada, par les industries pharmaceutiques. Tant et aussi longtemps que cette

Loi demeurera en vigueur, il est peu probable que les industries investiront en recherche et développement en vue de profiter des chances offertes dans ce domaine, par la biotechnologie.

Le Canada possède des compétences scientifiques qui utilisent la biotechnologie pour la R+D dans le domaine des produits pharmaceutiques. Cependant, il existe peu d'exemples d'approches pluridisciplinaires et de concertation dans les recherches effectuées. L'importance des produits pharmaceutiques comme élément essentiel d'une politique de sécurité nationale est évidente. Aussi, une politique canadienne qui viserait à assurer l'autosuffisance du pays en matière d'approvisionnement de certains médicaments, pourrait avoir une incidence énorme sur les efforts consacrés à la biotechnologie en vue de fournir les produits qui peuvent parfois s'avérer coûteux.

On doit souligner cependant que le secteur des produits biologiques (tels les vaccins et les produits sanguins) a été et demeure encore un secteur où le développement et la qualité scientifique au Canada sont excellents. Grâce à ses propres efforts en R+D, le secteur des produits biologiques canadiens est presque auto-suffisant et possède un marché d'exportation relativement important. Il ne fait pas de doute que le développement de nouveaux produits et l'amélioration des produits existants dans ce secteur dépendent largement de la biotechnologie.

Combustibles liquides et gazeux
La production de combustibles qui serviraient à remplacer les dérivés du pétrole brut traditionnel (hydrocarbures) soulève actuellement des controverses dans certains milieux. Néanmoins, nous estimons que cette application de la biotechnologie pourrait s'avérer importante lors de l'établissement de nouvelles stratégies énergétiques au Canada.

La production biotechnologique d'alcool à partir de ressources renouvelables et d'hydrates de carbone extraits des déchets, soulève beaucoup d'intérêt à travers le monde. Des activités similaires orientées vers la fermentation des déchets agricoles, industriels et ménagers en vue de produire du méthane, pourraient aussi ouvrir de nouvelles voies. De plus, on effectue de plus en plus de recherches sur l'utilisation de la biomasse dans la production d'hydrogène. Cependant, toute matérialisation de ces possibilités sera fonction de l'établissement et de la formulation d'une stratégie claire de la part du Canada quant aux ressources énergétiques renouvelables.

Protéines monocellulaires (PMC)
Depuis longtemps, on connaît la possibilité de produire des protéines alimentaires à partir de culture microbienne (protéines monocellulaires ou PMC). Etant donné que la production de PMC

ne nécessite pas l'utilisation de technologies conventionnelles ou l'élevage des animaux, de nombreux pays se sont intéressés à son utilisation comme source de protéines.

Il subsiste à travers le monde une grande diversité de points de vue quant à la viabilité économique des produits à base de PMC. Les activités en R+D ont donc été orientées principalement vers l'amélioration de l'aspect économique de la production, incluant entre autre, la mise au point de procédés, la sélection des substrats, la sélection microbienne et les techniques de manipulation génétique visant à éliminer tous les sous-produits indésirables. Dans quelques pays européens, la production en masse de PMC pour la nourriture animale en est à ses débuts. Toutefois on n'a pas encore démontré la viabilité économique de ces activités industrielles, qui sont en concurrence directe avec la production d'aliments à base de poisson et de fèves de soya. En Amérique du nord où la fève de soya est produite en grande quantité et à coût très réduit, la viabilité économique de la production de protéines monocellulaires est très problématique.

L'octroi de primes d'encouragement gouvernementales appropriées pourrait également modifier la viabilité économique de ces bio-industries. Toutefois étant donné la situation du Canada comme exportateur d'aliments, on n'est pas certain qu'il soit justifié de prendre des initiatives quant à la production de PMC. La situation pourrait changer si i) le cours du marché mondial des fèves de soya et de d'autres aliments augmentait de façon substantielle ou si ii) la production de PMC était liée à l'utilisation des déchets industriels et agricoles à cause des coûts de leur élimination. Quoiqu'il en soit, la mise au point et la vente ultérieure des techniques destinées à la production de PMC pourraient permettre au Canada d'utiliser ses connaissances dans le domaine de la biotechnologie.

4. BIOTECHNOLOGIE: UN PLAN DE DEVELOPPEMENT POUR LE CANADA

4. BIOTECHNOLOGIE: UN PLAN DE DEVELOPPEMENT POUR LE CANADA

La biotechnologie constitue un élément important du développement futur du Canada que ce soit sur le plan industriel ou économique. Etant donné qu'elle en est à ses débuts on ne pourra observer l'impact économique de ses applications avant au moins un dizaine d'années. Néanmoins, à ce stade-ci de l'évolution de la biotechnologie au Canada, il est essentiel de mettre en oeuvre un Plan de Développement qui permettra au pays de jouir de tout le potentiel qu'offre cette technologie de pointe tout en nous permettant de profiter des découvertes réalisées dans d'autres pays.

L'OBJECTIF DU PLAN

L'objectif du Plan de Développement de la Biotechnologie qui est proposé, est de créer au Canada un climat favorable qui permettra d'encourager l'établissement et la croissance de nombreuses industries axées sur la biotechnologie. Pour atteindre cet objectif il faut créer une infrastructure de R+D solide et viable, capable de supporter une bio-industrie canadienne qui émerge à peine.

LES ÉLÉMENTS DU PLAN

Le Plan de Développement de la biotechnologie comporte un certain nombre d'éléments aussi importants les uns que les autres. Ces éléments sont les suivants:

1. Engagement

La nécessité d'investir à long terme en R+D afin de développer la biotechnologie et l'incidence que ce domaine peut avoir sur l'avenir industriel du Canada, démontrent l'importance de mettre au point une stratégie nationale comportant des engagements à long terme pour tous les intervenants en biotechnologie. Alors que les industries, les universités et les gouvernements fédéral et provinciaux ont tous des rôles importants à jouer dans la promotion et le développement de la biotechnologie au Canada, il appartient néanmoins au gouvernement fédéral de jouer le rôle de leader en coordonnant et en catalysant l'engagement national. Cependant, la biotechnologie est une technologie de pointe de nature telle, qu'à moins d'adopter une approche et un engagement à long terme, toute stratégie ou activité à court terme pourra lui nuire plutôt que de favoriser son développement.

2. Stimulation de l'industrie

Le secteur industriel de la biotechnologie n'est pas très important au Canada. Il est donc nécessaire de prendre des mesures visant à encourager la création d'industries et à les aider pendant leurs premières années d'existence. La biotechnologie, qui est une technologie de pointe, offre la possibilité de mettre sur pied de

nouvelles industries et de revitaliser celles qui existent déjà. Par conséquent, on doit adopter de nombreuses mesures pour stimuler toutes les phases de l'activité industrielle, depuis la R+D jusqu'à la commercialisation.

Dans le cas d'une industrie déjà établie, c'est-à-dire d'une industrie qui fait des profits donc qui paye des taxes, nous recommandons d'accorder des crédits d'impôt pour les dépenses consacrées à la R+D.Pour ce qui est des nouvelles compagnies, nous suggérons d'accorder une aide financière gouvernementale directe et d'assurer des allègements fiscaux afin de permettre le développement du capital de risque en biotechnologie.

Le transfert de la technologie entre les divers secteurs est un élément important dans le développement de la bio-industrie au Canada. Les programmes gouvernementaux existants qui favorisent le transfert de la technologie auront un rôle considérable à jouer. Le transfert de la technologie est une activité qui concerne surtout les individus. Une stratégie qui encouragerait l'interaction continue entre scientifiques, techniciens et industriels, favoriserait les possibilités de transfert de la technologie et augmenterait par le fait même le niveau d'applications industrielles.

3. Base scientifique pluridisciplinaire

Une base scientifique pluridisciplinaire constitue le fondement même des techniques que comporte la biotechnologie. L'effort scientifique effectué par les universités canadiennes et les organismes du gouvernement a été considérablement réduit au cours de la dernière décennie. Un engagement financier important et à long terme, de la part du gouvernement fédéral et des gouvernements provinciaux, s'avère donc nécessaire pour que le Canada participe activement au progrès rapide que va connaître la biotechnologie.

Cependant, il faudra assurer le développement des sciences fondamentales au Canada. La biotechnologie est un domaine pluridisciplinaire et les connaissances de base indispensables à son développement doivent aussi provenir d'un milieu plurisdisciplinaire. De plus, il faudra également favoriser un travail d'équipe pour résoudre les questions scientifiques et techniques que soulève le domaine de la biotechnologie et pour assurer la création d'un niveau de compétence adéquat, nécessaire à tout développement majeur.

4. Main-d'oeuvre

Le développement efficace d'une bio-industrie au Canada et du potentiel de recherche qui lui est nécessaire dépendent largement de la disponibilité d'une main-d'oeuvre compétente. Si l'on ne peut trouver un nombre suffisant de personnes qualifiées pour satisfaire à la forte demande qui existe au Canada, on devra faire appel à une main-d'oeuvre étrangère. Cependant, il sera peut être impossible de compter sur cette main-d'oeuvre en

biotechnologie en raison de l'expansion rapide de ce domaine à l'échelle mondiale, ce qui entraînera une demande accrue de main-d'oeuvre spécialisée dans tous les pays.

Les spécialistes seront de plus en plus en demande, au fur et à mesure que va se développer la bio-industrie au Canada. Il faudra faire appel à des spécialistes pluridisciplinaires ce qui permettra aux diplômés des universités et des collèges techniques de s'intégrer plus facilement et de profiter du grand nombre de débouchés que va offrir la biotechnologie.

Il y a déjà une pénurie de spécialistes au Canada, et dans un grand nombre de disciplines reliées à la biotechnologie. Jusqu'à ce qu'un nombre suffisant de ces spécialistes soient disponibles au pays, on devra établir des priorités en matière d'immigration afin d'assurer l'arrivée de personnes qualifiées. Cette politique permettra de créer une main-d'oeuvre canadienne spécialisée dans le domaine de la biotechnologie.

La formation des étudiants ne représente qu'un des éléments d'une politique de main-d'oeuvre en biotechnologie. On doit aussi offrir aux techniciens et aux scientifiques l'occasion de se perfectionner et d'acquérir de nouvelles connaissances dans le domaine de la biotechnologie.

5. Orientations

La biotechnologie offre présentement un grand nombre de possibilités dans le domaine industriel. Au fur et à mesure que ce domaine de la recherche va se développer, il en apparaîtra encore davantage; c'est la raison pour laquelle, partout dans le monde, des investissements à long terme sont maintenant consacrés au développement de la biotechnologie.

Pour le Canada, la priorité la plus importante est l'établissement d'une infrastructure de R+D industrielle solide, capable d'évaluer et d'exploiter tous les avantages offerts par la biotechnologie. En outre, le Groupe de travail estime que le Canada doit apporter une attention spéciale à deux aspects importants: i) il faudra voir au développement de la biotechnologie dans les domaines où le Canada possède des ressources naturelles importantes, et plus particulièrement dans les domaines de la fixation de l'azote, l'utilisation de la cellulose, le développement de nouvelles lignées végétales, l'utilisation et le traitement des déchets, la lixiviation des minéraux et la récupération des métaux. ii) il faudra voir également au développement des médicaments nécessaires à l'auto-suffisance nationale et qui constituent des éléments indispensables au développement futur du Canada dans le domaine social et économique.

6. Réglementation

La réglementation gouvernementale peut souvent faciliter ou entraver le développement de la science, de la technologie et du secteur industriel. Pour encourager le développement futur de la biotechnologie au Canada, il peut s'avérer nécessaire d'établir, de modifier ou de supprimer certaines lois ou certains réglements. Ces Lois ou réglements, s'ils demeuraient inchangés, placeraient le Canada dans une situation désavantageuse par rapport aux autres pays du monde, en limitant l'investissement de capitaux par l'industrie et en défavorisant le développement dans le domaine de la biotechnologie.

L'article 41 de la Loi sur les brevets et les dispositions au sujet de la question des licences obligatoires, des paragraphes (3) à (16), ont eu un effet néfaste et dissuasif sur les investissements et le développement au Canada de la recherche dans l'industrie pharmaceutique (voir produits pharmaceutique p. 30) Alors que les autres pays améliorent leur système de brevet pour assurer aux détenteurs d'un brevet un profit équitable sur leur investissement et pour encourager de cette façon le développement industriel, au Canada cette disposition de la Loi sur les brevets a interrompu le développement de tous nouveaux produits pharmaceutiques. Etant donné que le développement de la biotechnologie aura un impact considérable sur les secteurs de l'alimentation et des produits pharmaceutiques et que ces deux secteurs sont régis par l'article 41 de la Loi, le Groupe de travail s'inquiète de l'effet néfaste que cette disposition de la Loi pourrait avoir sur le développement général de la biotechnologie au Canada.

Le Bill C-32 actuellement déposé au Parlement, s'il est adopté, fournira à l'obtenteur ou au producteur de nouvelles lignées végétales, un certain contrôle sur la multiplication et la vente de tout matériel de reproduction. Ces droits seraient semblables à ceux qui régissent un brevet ou un copyright. Le but de cette mesure législative, qui est semblable à celle qu'on retrouve dans d'autres pays, est de promouvoir les investissements pour la production de nouvelles lignées végétales dans les secteurs privés et publics.

La biotechnologie aura une incidence importance sur le développement de nouvelles lignées végétales.Aussi l'adoption de cette nouvelle Loi pourrait lui fournir un essor additionnel. Cependant, si les dispositions sur la question de la licence obligatoire, contenues dans le bill, sont appliquées de la même façon que celles de l'article 41 de la Loi sur les brevets, elles pourraient aller à l'encontre de l'objectif visé par ce bill en ce qui concerne le développement industriel. Dès lors, ce bill aurait certainement pour effet d'entraver, sinon d'annuler, le développement dans ce domaine de la biotechnologie qui est pourtant prioritaire pour le Canada.

Les directives concernant la manipulation de molécules d'ADN produites par recombinaison, de cellules et de virus animaux, qui

sont présentement régies par le Conseil de recherches médicales, reflètent l'état des connaissances en cette matière. Au fur et à mesure que de nouvelles connaissances sont apparues, ces directives ont été modifiées grâce à un système assez souple. Il nous apparaît qu'une loi concernant ces directives réduirait la souplesse de fonctionnement actuelle et ne serait pas appropriée dans des domaines de la science et de la technologie où les changements se bousculent.

Etant donné que ces directives ne sont pas obligatoires pour l'industrie, on devrait envisager un système d'application volontaire de ces directives qui serait directement relié aux demandes d'aide gouvernementale.

7. Collaboration à l'échelle internationale

L'intérêt pour la biotechnologie a commencé à se manifester à travers le monde, il y a une dizaine d'années. Toutefois, c'est surtout au cours des cinq dernières années que ce domaine a connu une expansion considérable. L'Allemagne de l'Ouest, les Etats-Unis et le Japon ont été les leaders dans ce domaine d'activités, mais on note également un intérêt renouvelé, en Grande-Bretagne, en France, en Scandinavie, en Suisse et en Nouvelle-Zélande. Il est essentiel pour le Canada d'être actif dans ce domaine et d'y apporter sa contribution. Grâce à la collaboration internationale, la biotechnologie au Canada va connaître un progrès considérable. Il faudra donc prendre les mesures nécessaires afin de favoriser des échanges de toutes sortes entre les scientifiques, techniciens, industriels et planificateurs canadiens et ceux des autres pays.

De plus, le Canada pourrait accroître sa participation au développement des pays du tiers monde, en collaborant avec ces pays pour l'application de la biotechnologie aux domaines alimentaires, énergétiques ou aux domaines reliés à l'exploitation des ressources naturelles.

8. Organisation

Pour faciliter la mise en oeuvre et le fonctionnement d'un Plan de Développement de la biotechnologie au Canada, un organisme national doit être créé, avec pour mandat de:

i) superviser, coordonner et évaluer l'allocation des ressources fédérales dans le domaine de la biotechnologie;
ii) suivre les progrès de la biotechnologie à l'échelle mondiale;
iii) fournir des conseils au gouvernement fédéral sur un certain nombre de questions touchant le développement de la biotechnologie (législation, engagements internationaux, etc.);
iv) assurer une certaine souplesse dans le Plan de Développement de sorte qu'il puisse être modifié selon les circonstances;
v) fournir à tous les secteurs des renseignements et des conseils sur les activités et les programmes canadiens dans le domaine de la biotechnologie.

Il est important qu'il y ait des représentants de l'industrie au sein de cet organisme, et que ce dernier puisse recevoir les avis de tous les groupes impliqués dans le domaine de la biotechnologie. Au début on pourrait obtenir ces avis par le biais d'un symposium national et par la suite par l'intermédiaire de comités consultatifs.

RECOMMANDATIONS

1. *Engagements* — Pour démontrer son intention de s'impliquer dans le domaine de la biotechnologie et pour s'assurer d'une stratégie de développement à long terme, *on recommande que le gouvernement fédéral annonce l'établissement d'un Plan National de Développement de la Biotechnologie échelonné sur une période de dix ans.* On recommande, pour la première année du Plan, qu'une allocation de $33 millions soit accordée et que, par la suite, les dépenses annuelles moyennes soient portées à $50 millions (en valeur présente) pour toute la durée du Plan. Ces déboursés ont pour objectif de stimuler et d'encourager l'industrie et les gouvernements provinciaux à investir substantiellement en Biotechnologie[6]

Le Plan proposé comporterait huit éléments: 1) engagement, 2, stimulation de l'industrie, 3) sciences fondamentales, 4) main-d'oeuvre, 5) orientations, 6) réglementations, 7) collaboration internationale, 8) organisation.

2. *Stimulation de l'industrie*— La création d'un climat propice aux investissements constitue un facteur essentiel à la croissance d'une bio-industrie au Canada. La biotechnologie est un domaine de technologie de pointe dont les retombées financières sont prévues à long terme. Elle comporte donc des risques financiers qu'il faut réduire si l'on veut attirer l'investissement de capitaux. Afin de diminuer le coût et, de ce fait, abaisser les risques et augmenter les revenus d'investissement dans la R+D en biotechnologie, *on recommande que la déduction régulière d'impôt de 100 p. 100 et l'abattement d'impôt supplémentaire de 50 p. 100 applicable à l'augmentation des dépenses en R+D, de même que les autres allègements fiscaux, soient remplacés par un crédit d'impôt de 150 p. 100 applicables à toutes les dépenses engagées en R+D bio-industrielle.*

En vue d'attirer de nouveaux investissements dans les bio-industries, *on recommande d'établir un programme d'allègements fiscaux, applicable aux revenus de toute provenance, et qui permettrait à ceux qui investissent dans ces industries de bénéficier d'une déduction de 100 p. 100 pour les dépenses*

6) Le Groupe de travail reconnaît que la somme totale recommandée puisse constituer un fardeau financier important, pour le gouvernement, à une période de restriction financière. Néanmoins le Groupe de travail croit que l'allocation recommandée est une évaluation très conservatrice des dépenses fédérales requises, compte tenu du vaste potentiel d'application de la biotechnologie, de son importance pour le développement industriel futur du Canada, et de l'absence presque complète de la biotechnologie au Canada.

d'investissement. Les investisseurs devraient comporter les particuliers ou les entreprises dont la principale activité commerciale n'est pas relié à la bio-industrie. Ces investisseurs devraient être également admissibles à une allocation supplémentaire de 66 2/3 p. 100 semblable à celles qui étaient accordées aux investissements d'exploration frontalière pour le pétrole et le gaz naturel.

Les gouvernements fédéral et provinciaux peuvent, par le biais de politiques d'achat, fournir un encouragement considérable à la croissance du secteur bio-industriel et aux secteurs de services qui y sont reliés. *On recommande donc que le comité consultatif sur la R+D en biotechnologie (voir organisation p. 45) joue un rôle de conseiller auprès des gouvernements dans le cadre de son mandat de veiller au développement de la biotechnologie, et qu'il fasse part de commentaires quant aux programmes spéciaux d'achat qui seraient créés en vue d'assurer une croissance industrielle en biotechnologie.*

Le gouvernement fédéral peut et devrait aussi jouer un rôle important dans la croissance des petites et moyennes entreprises bio-industrielles, par le biais d'une aide financière directe. *On recommande donc qu'une somme additionnelle de $6 millions soit ajoutée à cette fin, au budget de 1981-1982 du programme d'expansion des entreprises du ministère de l'Industrie et du Commerce.*

Le transfert de la technologie est un élément important pour la croissance des industries à technologie de pointe. Afin d'encourager la diffusion des progrès réalisés dans le domaine de la biotechnologie, et de favoriser leur transmission des laboratoires gouvernementaux vers le secteur privé, *on recommande qu'une somme additionnelle de $5 millions soit ajoutée aux programmes des projets industries-laboratoire (PPIL) et de coopération avec l'industrie (COPI) pour les budgets de 1981-1982. On recommande également que 0,7 million soit ajouté au programme PARI du CRSNG pour 1981-1982, en vue d'encourager le transfert de technologie des laboratoires universitaires vers l'industrie.*

Afin de stimuler de meilleurs échanges entre les scientifiques, les techniciens et les industriels, et de ce fait créer la possibilité d'autres transferts technologiques, *on recommande que le CRSNG, le CRM et le CNR, avec la participation possible d'autres organismes et ministères gouvernementaux, encouragent la tenue de conférences multisectorielles, de colloques et d'ateliers de travail touchant le plus vaste éventail possible de sujets liés à la biotechnologie. On recommande d'ajouter une somme additionnelle de $0,3 million au budget des conférences de chacun de ces organismes pour 1981-1982, afin de permettre la participation des groupes et des individus qui désirent assister à ces rencontres.*

Un autre moyen de stimulrer l'industrie est d'accorder un appui financier au niveau des traitements du personnel de recherche qui oeuvre dans l'industrie ou des personnes travaillant à des projets de recherche liés directement à une industrie précise. Le programme PARI du CNR a contribué largement dans ce domaine et *on recommande qu'en 1981-1982, le budget total de ce programme soit augmenté de $3 millions afin de fournir une aide supplémentaire pour les chercheurs en biotechnologie.*

3. *Base scientifique pluridisciplinaire* — La base scientifique pluridisciplinaire constitue le fondement de la biotechnologie. Des techniques comme le génie génétique, la fusion cellulaire, la culture des cellules végétales, les enzymes et les systèmes d'enzymes de même que l'ingénierie des procédés et des systèmes, vont se développer et s'avérer profitables seulement si elles s'appuient sur une base scientifique pluridisciplinaire solide. Au Canada, les universités et certains établissements de recherche gouvernementaux constituent les principaux endroits où on effectue de la recherche en biotechnologie. Pour ce qui est des universités, *on recommande qu'en 1981-1982, les budgets du CRSNG et du CRM soient augmentés respectivement de $4,7 et de $2 millions afin de fournir les fonds de fonctionnement pour la recherche axée sur les besoins de la biotechnologie industrielle.* On encourage également ces organismes à utiliser ces fonds supplémentaires pour favoriser les projets de recherche réalisés en groupe ou en équipe afin d'encourager le travail pluridisciplnaire et la création éventuelle de centres spécialisés en biotechnologie.

Le succès que va connaître la concentration de ces ressources à l'intérieur de certaines universités va dépendre , dans une certaine mesure, de la réponse et de la réaction des gouvernements provinciaux face à ces initiatives. Dans le cadre de l'engagement national à l'égard de la biotechnologie, des discussions entre les gouvernements provinciaux et les organismes de subvention sont donc conseillées.

La Division des sciences biologiques et le Laboratoire régional des Prairies du Conseil national de recherche représente une autre source de développement scientifique futur en biotechnologie. Afin d'intensifier cet effort, *on recommande qu'un nombre additionnel de huit années-personnes et une somme de $1,5 millions soient ajoutées aux ressources de la Division des sciences biologiques pour 1981-1982, et que six années-personnes et 0.8 million soient accordés au Laboratoire régional des Prairies.*

4. *Main-d'oeuvre* — La formation et l'acquisition d'une main-d'oeuvre qualifiée représente un élément primordial pour l'avenir de la biotechnologie au Canada. Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et le Conseil de recherches médicales (CRM) devraient encourager la main-d'oeuvre dans ce domaine, à obtenir une formation

pluridisciplinaire. A cette fin, *on recommande que le CRSNG et le CRM reçoivent respectivement des sommes supplémentaires de $3 millions et de $1,4 million pour 1981-1982.* Ces fonds serviront également à encourager la formation de diplômés dans les établissements de recherche du gouvernement et de l'industrie, en collaboration avec une école de formation supérieure d'une université canadienne.

L'absence d'un secteur industriel canadien en bio-technologie laisse présumer que les possibilités d'études post-doctorales dans ce domaine seront limitées à court terme. *On recommande que le CRSNG et le CRM tentent de trouver des façons de fournir un appui à la formation post-universitaire dans l'industrie, en dehors du Canada.* Toutefois, il faudrait ajouter à cela une clause de retour au pays, afin de s'assurer que cette main-d'oeuvre contribue au développement futur du Canada.

La formation appropriée d'une main-d'oeuvre de qualité en biotechnologie est la responsabilité des universités, des collèges techniques et de leurs gouvernements provinciaux respectifs. L'élaboration des programmes et des cours en biotechnologie doit faire l'objet d'une préoccupation immédiate. Le Groupe de travail encourage donc ces organismes responsables, à procéder immédiatement au développement d'un contexte de formation scientifique approprié à la biotechnologie.

Un autre aspect de la situation de la main-d'oeuvre en biotechnologie au Canada concerne la pénurie actuelle de spécialistes pour répondre aux besoins immédiats. Afin de s'assurer que le développement de la recherche industrielle, gouvernementale et universitaire ne soit retardé inutilement, *on recommande que les priorités d'immigration soient établies en fonction des besoins urgents en matière de spécialistes.* L'assouplissement récent des normes de contingentement pour l'immigration de travailleurs spécialisés, tel qu'annoncé par le ministre de l'Emploi et de l'Immigration, constitue une étape importante dans la recherche de la solution à ce problème.

5. ***Orientations*** — A ce stade initial du Plan National de Développement de la Biotechnologie, il faut concentrer nos efforts d'une façon prioritaire, vers la formation d'experts au Canada dans le domaine scientifique et technologique. Bien que le Groupe de travail soit d'avis qu'il est prématuré d'identifier des établissements précis comme étant des centres de biotechnologie, il croit néanmoins qu'un objectif important à poursuivre tout au long de l'évolution du Plan est l'identification et le développement de tels centres d'excellence.

Il existe plusieurs domaines d'application en biotechnologie qui, en raison de leurs incidences possibles sur l'économie canadienne, doivent être développés si l'on veut que le Canada profite des avantages qu'ils offriront. Ces domaines sont: i) la fixation de l'azote, ii) l'utilisation de la cellulose, iii) la mise au

point de lignées végétales, iv) l'utilisation et le traitement des déchets, et v) la lixiviation des minéraux et la récupération des métaux. De plus, il faudra accorder une attention toute spéciale aux applications médicales de la biotechnologie, car ce domaine constitue un facteur important dans l'avenir économique et social du Canada.

Pour ce qui est de la fixation de l'azote, *on recommande que les programmes actuels de fixation de l'azote d'Agriculture Canada et du Laboratoire régional des Prairies soient unifiés et situés exclusivement à Saskatoon et à Ottawa. On recommande également, pour 1981-1982, que cinq années-personnes soient ajoutées pour chacun de ces établissements et que le budget de chacun soit porté à $1 million. Pour ce qui est de la recherche effectuée dans le domaine des forêts, on recommande que le Service canadien des forêts du ministère de l'Environnement soumette un plan au comité de R+D sur la biotechnologie, (voir organisation p. 45) qui viserait à développer et à concentrer les ressources dans ce domaine.* Le plan devra être présenté dans les six mois suivant le début des travaux.

Afin d'encourager l'application de la biotechnologie dans l'utilisation des résidus et des déchets cellulosiques et lignocellulosiques, *on recommande qu'Environnement Canada et le CNR amorcent une étude, en collaboration avec l'industrie et l'Institut de recherche des pâtes et papiers, pour déterminer les mesures appropriées permettant de combiner et de développer les activités de ces deux organismes. Cette mesure servirait à stimuler les efforts actuels de l'industrie forestière dans ce domaine.* Il faudrait réaliser des études similaires en collaboration avec l'industrie, pour ce qui est du traitement d'autres déchets et résidus industriels que la biotechnologie permettrait de transformer en produits utiles.

On recommande de plus qu'Environnement Canada étudie les moyens d'intensifier les recherches actuelles sur l'utilisation de la biotechnologie pour combattre les agents pathogènes et plus particulièrement ceux qui nuisent aux forêts. Cette étude devrait aussi porter sur les façons de développer le Forest Pest Management Institute à Sault Sainte-Marie en vue de contribuer à la préservation de notre biomasse. Ces études devraient être soumises au comité de R+D en biotechnologie (voir organisation p. 45) six mois après le début des travaux.

Au Canada, un des domaines qui semblent avoir un avenir prometteur en biotechnologie est le développement de nouvelles lignées végétales. *On recommande donc que dix années-personnes ainsi que $1 million soient ajoutés au budget 1981-198? d'Agriculture Canada en vue d'accroître ses activités de R+D* en biotecologie dans le domaine de la sélection des lignées végétales actuelles.

Pour ce qui est de la lixiviation des minéraux et de la récupération des métaux, *on recommande que le ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources étudie les possibilité d'encourager l'expansion des capacités actuelles du Canada dans ce domaine et qu'une somme de $1 million y soit consacrée pour 1981-1982.*

6. ***Réglementation*** — *On recommande que l'article 41 de la Loi canadienne sur les brevets soit abrogé.* Sous sa forme actuelle, cet article pourrait avoir des effets négatifs et dissuasifs sur les investissements en R+D effectués par le secteur privé. On encourage également une révision générale de cette Loi afin de s'assurer que le Canada ne soit pas désavantagé par rapport aux pays qui investissent dans la R+D industrielle.

On recommande de plus que le Bill C-32 sur les droits accordés aux obtenteurs de nouvelles variétés végétales, fasse l'objet d'une attention particulière de la part du gouvernement. Puisque la biotechnologie aura une incidence certaine sur l'obtention de nouvelles variétés végétales et puisque le développement de nouvelles lignées végétales est un domaine important de la biotechnologie pour le Canada, le Groupe de travail croit qu'une meilleure protection devrait être accordée à ceux qui travaillent au développement de nouvelles variétés végétales. Toutefois, si les dispositions du Bill sur l'octroi de licences obligatoires ne peuvent garantir aux détenteurs de brevets une compensation adéquate pour leurs frais de développement, nous craignons qu'elles produisent les mêmes effets que l'article 41 de la Loi sur les brevets, en causant la disparition de l'industrie de nouvelles variétés végétales au Canada.

Finalement, les présentes directives concernant la manipulation des molécules d'ADN produites par recombinaison et des cellules et des virus animaux, sont satisfaisantes, compte tenu des connaissances actuelles en cette matière. *On recommande que le Conseil de recherches médicales continue d'établir les directives et qu'il les améliore au besoin, à la lumière des nouvelles connaissances acquises. De plus, on recommande l'établissement par le ministère de la Santé et du Bien-être social d'un système volontaire d'application de la part de l'Industrie à l'égard de ces directives.* Ce système devrait également préciser la façon dont Santé et Bien-être Canada entend protéger les droits de propriété relatifs aux renseignements qui auront été communiqués sur une base volontaire.

7. ***Collaboration à l'échelle internationale*** — Le Canada se doit d'entretenir des liens étroits avec les autres pays afin de suivre les progrès de la biotechnologie. L'ampleur et l'étendue des recherches et des domaines d'application est telle, qu'aucun pays ne peut maîtriser toutes les facettes de ce domaine de technologie de pointe. Il faut donc en arriver à une collaboration à tous les niveaux possibles. *On recommande que le CRSNG, le*

CNR et le CRM par le biais des programmes actuels, encouragent les scientifiques des universités qui désirent poursuivre des travaux de collaboration à l'échelle internationale dans ce domaine.

On recommande également que les scientifiques des organismes gouvernementaux soient encouragés à poursuivre des travaux à l'échelle nationale aussi bien qu'à l'échelle internationale. Il serait prématuré pour le moment d'établir un budget particulier pour venir en aide aux projets internationaux dans le domaine de la biotechnologie. Néanmoins, au fur à mesure que sera implanté le Plan National de Développement de la biotechnologie, il deviendra peut-être nécessaire que le comité de R+D sur la biotechnologie (voir organisation p. 45) établisse, en collaboration avec le ministère des Affaires extérieures, un programme plus précis qui tiendra compte des besoins du Canada de suivre les progrès de la biotechnologie dans le monde et des possibilités de contribuer au développement du Tiers-monde.

8. ***Organisation*** — *On recommande qu'un comité sur la recherche et le développement en biotechnologie soit créé, afin de coordonner et d'animer le Plan National de Développement de la Biotechnologie.* Le comité sera chargé de surveiller, de coordonner et d'évaluer l'allocation des ressources accordées au Programme National de Développement de la Biotechnologie, de s'informer sur les progrés réalisés à l'échelle mondiale, de conseiller le gouvernement sur les questions relatives à la biotechnologie et d'assurer des communications efficaces entre les secteurs. *On recommande également que le ministère d'Etat chargé des Sciences et de la Technologie détermine la structure exacte du comité et que l'industrie soit fortement représentée sur ce comité.*

Plusieurs gouvernements provinciaux ont déjà entrepris des initiatives dans le domaine de la biotechnologie. Il existe toutefois un danger que ces efforts échouent en raison de ressources financières limitées, du peu de main-d'oeuvre dont nous disposons et de ressources industrielles qui ne sont pas disponibles actuellement dans le domaine de la biotechnologie canadienne. *On recommande fortement d'encourager les provinces à participer aux discussions et aux activités du comité.*

Dans le cadre de ses travaux, le comité devra tenir un colloque national annuel sur les développements récents en biotechnologie, sur les questions relatives au programme et à ses politiques, de même que sur toutes questions connexes.

Au fur et à mesure que sera implanté le Plan National de Développement de la Biotechnologie, il faudra créer des sous-comités consultatifs, qui seraient représentatifs des diverses régions du pays et qui pourraient s'avérer un des moyens les plus efficaces pour faire connaître les besoins multisectoriels au comité.

5. CONCLUSIONS

5. CONCLUSIONS

Dans les années à venir, la biotechnologie va constituer un des principaux facteurs du développement industriel mondial en tant que domaine de technologie de pointe. Le secteur des ressources naturelles, qui traditionnellement est à l'origine du pouvoir économique canadien, deviendra un des secteurs qui subira les plus grandes influences de la biotechnologie. Pour être en mesure de concurrencer avec les autres pays dans les domaines de l'énergie, des mines, de la foresterie et de l'agro-alimentaire, le Canada devra développer et conserver une compétence bio-industrielle

On peut diviser la biotechnologie actuelle en cinq domaines techniques principaux; le génie génétique, les enzymes et les systèmes d'enzymes, les techniques de fusion cellulaire, la culture des cellules végétales et l'ingénierie des procédés et des systèmes. Ces domaines continueront d'évoluer et de se développer grâce aux progrès pluridisciplinaires dans de nombreux domaines scientifiques.

Le renouvellement dans les industries actuelles ou l'établissement de nouvelles industries par l'intermédiaire de la biotechnologie ne pourront se réaliser que si l'on possède les compétences techniques et scientifiques appropriées. L'existence d'une base scientifique pluridisciplinaire solide liée au développement technologique, seront donc les deux principaux éléments du développement de la bio-industrie au Canada.

L'avenir de la biotechnologie doit être envisagé à long terme et les principaux avantages qui en découleront prendront au moins un décennie avant de se manifester. Cependant, si le Canada commence immédiatement à améliorer le climat des investissements en R+D industrielle dans le domaine de la biotechnologie et en même temps, à développer ses capacités dans ce domaine, il pourra bénéficier des avantages et des possibilités qui vont s'offrir au cours des années à venir.

Le gouvernement fédéral a un rôle important à jouer dans l'avenir de la biotechnologie au Canada. A titre d'organisme qui effectue de la R+D, et qui exerce une influence prépondérante sur le climat des investissements nationaux en R+D, le gouvernement fédéral doit prendre des mesures immédiates en vue de catalyser et de coordonner les activités de tous les secteurs pour ainsi garantir le développement de la biotechnologie. Selon le Groupe de travail, ces mesures devraient prendre la forme d'un engagement formulé à l'intérieur d'un Plan National de Développement réparti sur les dix prochaines années. Ce Plan doit faire état du caractère limité et fragmentaire des travaux actuels en biotechnologie et doit souligner la nature pluridisciplinaire et multisectorielle de ce domaine de recherche. Ce Plan doit aussi proposer des mesures pour encourager les

industries actuelles et futures à investir en biotechnologie. Il doit consolider la base scientifique et assurer la disponibilité d'une main-d'oeuvre qualifiée, deux éléments qui sont essentiels au développement de la biotechnologie. Il doit de plus savoir tirer profit des avantages du Canada dans le domaine des ressources naturelles et encourager une gestion efficace de ces ressources. Il doit souligner l'importance d'établir des liens internationaux en biotechnologie et, finalement, il doit formuler des normes qui tout en protégeant les droits des citoyens ne constitueront pas un obstacle au développement de la bio-industrie canadienne par rapport à celui des autres pays.

Un Plan de ce genre permettra au Canada de mettre au point une biotechnologie nationale qui répondra à ses besoins particuliers. Ce Plan nous permettra également d'apprécier ce qui se fait à l'étranger et au besoin de l'adapter et de développer une infrastructure bio-industrielle capable de concurrencer à l'échelle internationale.

La biotechnologie d'aujourd'hui représente une possibilité de développement pour demain. Un programme d'intervention immédiate dans le domaine de la biotechnologie s'avère essentiel pour permettre au Canada de participer activement à l'avenir prometteur de cette nouvelle technologie de pointe.

ANNEXE

ANNEXE

Collaborateurs au Groupe de travail sur la biotechnologie sur le plan national

Gouvernement

Nom	Affiliation
W. Bradnoch	Agriculture Canada
I. Delaroch	Agriculture Canada
J. Holme	Agriculture Canada
J. Jones	Agriculture Canada
W. Keller	Agriculture Canada
D. MacKay	Agriculture Canada
T. Rajhjathy	Agriculture Canada
R. Rennie	Agriculture Canada
G. Cloutier	Alberta Research Council
D. Currie	Alberta Research Council
P. Perron	Centre de Recherche Industrielle du Québec
D. Dever	Conseil des grains du Canada
S. Pnevmaticos	Energie, Mines et Ressources Canada
A. Carlisle	Environnement Canada
M. Hulme	Environnement Canada
A. McIntyre	Environnement Canada
D. Robinson	Environnement Canada
R. Samlalsingh	Industry and Tourism, Province of Ontario
C. Charette	Industrie et Commerce
G. Ingham	Industrie et Commerce
J. McAdam	Industrie et Commerce
G. Dodds	Manitoba Research Council
R. Ebbeling	Manitoba Research Council
F. Rolleston	Conseil de recherches médicales
J. Roxburgh	Conseil de recherches médicales
C. Bishop	Conseil national de recherches
J. Child	Conseil national de recherches
F. Constabel	Conseil national de recherches
P. Dawson	Conseil national de recherches
W. Kurz	Conseil national de recherches
K. Glegg	Conseil national de recherches
S. Martin	Conseil national de recherches
I.McDonald	Conseil national de recherches
K. Philips	Conceil national de recherches
F. Simpson	Conseil national de recherches
D. Thomas	Conseil national de recherches
L. Van den Berg	Conseil national de recherches
J. Vose	Conseil national de recherches
R. Williams	Conseil national de recherches
G. Julien	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie
J. Halliwell	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie
G. Brown	Le Conseil de recherche et d'Etudes sur la productivité du Nouveau-Brunswick

C. Bursill	Le conseil de Recherche et d'Etudes sur la Productivité du Nouveau-Brunswick
E. Coxworth	Saskatchewan Research Council
G. Lakshman	Saskatchewan Research Council
T. Pepper	Saskatchewan Research Council
R. Quittenton	SEDCO research Park

Industries

Nom	Affiliation
D. Davies	Laboratoires Ayerst
S. Sehgal	Laboratoires Ayerst
A. Brunestyn	B.C. Research Council
J. Muller	B.C. Research Council
C. Walden	B.C. Research Council
E. Robertson	The Biomass Energy Institute Inc.
A. Moriarity	Biomedical Resources International
R. Egan	Bristol-Myers Pharmaceutical Group
B. Sen	British Columbia Forest Products Limited
E. Scrapneck	Burroughs Wellcome Limited
B. King	Corporation de développement du Canada
P. Smith	Corporation de développement du Canada
H. Gunning	Chembiomed Limited
W. Saxton	CIP Research Limited
A. Magnin	Connaught Laboratories Limited
S. Wilson	Connaught Laboratories Limited
J. Maloney	Fisheries Resource Development Limited
J. Saddler	Forintek Canada Corporation
I. Forrester	Geochem Laboratories (Canada) Limited
G. Lawford	George Weston Limited
C. Cupp	International Nickel Company
K. O'Brien	International Nickel Company
W. Steven	International Nickel Company
G. Noble	Iotech corporation Limited
G. Stewart	Labatt Breweries of Canada Limited
R. Briscoe	Lallemand Inc.
S. Lee	Lallemand Inc.
F. Knudsen	Brasserie Molson du Québec Ltée
G. van Gheluae	Brasserie Molson du Québec Ltée
W. Gauvin	Centre de recherche Noranda
R. Voyer	Le Groupe nordicité Ltée
J. Coulthart	Northern Purification Services Limited
C.. Logan	Ontario Paper company Limited
M. Jones	Ontario Research Foundation
D. Smith	Ontario Research Foundation
D. Edwards	Polysar Limited
D. Jones	POS Pilot Plant Corporation
M. Desrochers	Institut de recherches des pâtes et papiers du Canada
P. Gendron	Institut de recherches des pâtes et papiers du Canada
L. Jurasek	Institut de recherches des pâtes et papiers du canada
S. Prahacs	Institut de recherches des pâtes et papiers du canada

P. Lortie	SECOR Inc.
R. Miller	SECOR Inc.
J. Pasquero	SECOR Inc.
D. Senik	SECOR Inc.
R. Picard	Shell Canada
N. Cooke	Le Groupe SNC
G. Nicholson	Stone and Webster Canada Limited
R. Schutte	Syncrude Research
K. Nielsen	Western Co-operative Fertilizers Limited

Université

Nom	Affiliation
R. Lemieux	Université de l'Alberta
R. von Borstel	Université de l'Alberta
D. Westlake	Université de la Colombie Britannique
R. Branion	Université de la Colombie Brittanique
R. Bulley	University de la Colombie Brittanique
R. Miller	Université de la Colombie Brittanique
W. Oldham	Université de la Colombie Brittanique
K. Pindler	Université de la Colombie Brittanique
W. Powrie	Université de la Colombie Brittanique
M. Smith	Université de la Colombie Brittanique
R. Spratley	Université de la Colombie Brittanique
G. Tener	Université de la Colombie Brittanique
P. Townsley	Université de la Colombie Brittanique
J. Zahradnik	Université de la Colombie Brittanique
M. Gaucher	Université de Calgary
J. Hyne	Université de Calgary
R. Roche	Université de Calgary
G. Setterfield	Université Carleton
H. Yamazaki	Université Carleton
S. Wainright	Université Dalhousie
L. Vining	Université Dalhousie
E. Beauchamp	Université de Guelph
J. Cunningham	Université de Guelph
K. Gregory	Université de Guelph
K. Kasha	Université de Guelph
F. McEwen	Université de Guelph
A. Meiering	Université de Guelph
R. Sheard	Université de Guelph
P. Southwell	Université de Guelph
D. Tomes	Université de Guelph
W. Tossell	Université de Guelph
A. Beaulnes	Institut Armand-Frappier
J. Gélinas	Institut Armand-Frappier
V. Pavilanis	Institut Armand-Frappier
V. Portelance	Institut Armand-Frappier
J. Fortin	Université Laval
A. LeDuy	Université Laval
W. Bushuk	Université du Manitoba
E. Larter	Université du Manitoba
D. Murray	Université du Manitoba
A. Sehon	Université du Manitoba
T. Chang	Université McGill
G. Maclachlan	Université McGill
D. Verma	Université McGill

D. McCalla	Université McMaster
J. Miller	University McMaster
D. Shaw	Université McMaster
G. Sorger	Université McMaster
S. Threlkeld	Université McMaster
R. Lévesque	Université de Montréal
G. Pias	Université de Montréal
M. Burt	Université du Nouveau-Brunswick
P. Cashion	Université du Nouveau-Brunswick
E. Jay	Université du Nouveau-Brunswick
R. Kavanagh	Université du Nouveau-Brunswick
R. Guindon	Université d'Ottawa
D. Bertrand	Université du Québec à Montréal
J. Beal	Université Queen's
J. Spencer	Université Queen's
W. Szarek	Université Queen's
G. Wyatt	Université Queen's
D. Cullimore	Université de Regina
W. Ingledew	Université de la Saskatchewan
G. Jones	Université de la Saksatchewan
W. Lautt	Université de la Saskatchewan
K. McCallum	Université de la Saskatchewan
H. Shargool	Université de la Saskatchewan
B. Beirne	Université Simon Fraser
M. Mackauer	Université Simon Fraser
M. Smith	Université Simon Fraser
A. Brook	Université de Toronto
H. Lawford	Université de Toronto
L. Moran	Université de Toronto
M. Wayman	Université de Toronto
A. Matheson	Université de Victoria et la Sociéte canadienne de biochimie
M. Moo-Young	Université de Waterloo
C. Robinson	Université de Waterloo
D. Denhardt	Université Western Ontario
N. Kosaric	Université Western Ontario
A. Margaritis	Université Western Ontario
H. Stewart	Université Western Ontario
C. Crowley	Université de Windsor
R. Pearlman	Université York
G. Reed	Université York

Sociétés et Associations

Nom	*Affiliation*
K. Davey	Conseil canadien de biologie
C. Costain	Association canadienne des physiciens
W. Devereaux	L'Institut canadien des mines et de la métallurgie
J. Dutrizac	L'Institut canadien des mines et de la métallurgie
D. Schmitt	L'Institut canadien des mines et de la métallurgie
R. Phillips	L'Assocation des manufacturiers canadiens
S. Bayley	Canadien Society for Cell Biology

B. Bockus	La Société canadienne de génie chimique
B. Cinader	Société canadienne d'immunologie
K. Kushner	Société canadienne des microbiologistes
C. Madhosingh	Société canadienne des microbiologistes
T. Michael	L'Institut de chimie du Canada
W. Turnock	La Société entomologique du Canada
J. Dillon	La Société de génétique du Canada
P. Duck	La Société de génétique du Canada
C. Hamelin	La Société de génétique du Canada
A. Nasim	La Société de génétique du Canada
E. Nestman	La Société de génétique du Canada

Autres

Nom	Affiliation
J. Kucharczyk	Ottawa (Ontario)
B. Migicovsky	Agriculture Canada (à la retraite)
P. Sormany	Journaliste
C. von Seeman	Montréal (Québec)
Z. Zeman	Institut de Recherches Politiques

INTERNATIONAL

Nom	Affiliation
R. Baltz	Eli Lilly Corporation
J. Baxter	University of California Medical Centre
J. Berlin	Institute of Biotechnology Research, FRG
H. Bianchi	Forschungszentrum Geesthacht GMBH, FRG
R. Cape	Cetus Corporation
J. Gaddy	University of Missouri
Z. Harsanyi	Congressional Office of Technology Assessment
J. Hulls	Bio-Kinetics Inc., California
E. Jaworski	Monsanto, St. Louis
J. Martial	University of California Medical Centre
E. Paul	University of California (Berkeley)
P. Paulson	Novo Industries, Denmark
P. Rogers	University of New South Wales, Australia
K. Sargeant	Centre for Applied Microbiology and Research, Porton Down, U.K.
K. Schuegerl	Hanover University, FRG
J.C. Senez	Centre National de la Recherche Scientifique, France
B. Sikyta	Czechoslovakian Academy of Sciences
G. Terui	Osaka University
H. Umezawa	Institute of Microbial Chemistry Tokyo
E.A. Witte	Kernforschungsanlage Julich GMBH, FRG
J. Zajic	University of Texas

ABREVIATIONS

COPI	Projets de coopération avec l'industrie
ADN	Acide désoxyribonucléique
ENFOR	L'énergie Forestière
PARI	Le Programme d'aide à la recherche industrielle
MEST	Ministère d'Etat chargé des Sciences et de la Technologie
CRM	Conseil de recherches médicales
CNR	Conseil national de recherches
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie
PPIL	Le Programme des projets "Industrie-Laboratoire"
PRAI	Projets de recherche applicables dans l'industrie
R+D	Recherche et développement